

# Avis

du Conseil Economique, Social et Environnemental

**Quels usages et quelles perspectives  
de développement de l'intelligence artificielle  
au Maroc ?**

Auto-saisine n° 78/2024



# Avis

du Conseil Economique, Social et Environnemental

## Quels usages et quelles perspectives de développement de l'intelligence artificielle au Maroc ?

Président de la commission : Ahmed Abaddi

Rapporteur de la thématique : Amine Mounir Alaoui

Experts internes : Mohamed Amine Charar

Auto-saisine n° 78/2024



Conformément aux dispositions de l'article 6 de la loi organique n°128-12, le Conseil économique, social et environnemental (CESE) s'est autosaisi, aux fins de préparer un avis sur l'intelligence artificielle.

Dans ce cadre, le Bureau du Conseil a confié à la Commission chargée de la société du savoir et de l'information<sup>1</sup> l'élaboration dudit avis.

Lors de sa 159<sup>ème</sup> Session Ordinaire, tenue le 27 juin 2024, l'Assemblée Générale du CESE a adopté à l'unanimité l'avis intitulé : « quels usages et quelles perspectives de développement de l'intelligence artificielle au Maroc ? ». Elaboré sur la base d'une approche participative, cet avis est le résultat d'un débat approfondi entre les différentes catégories qui composent le Conseil, d'auditions menées avec les principales parties prenantes<sup>2</sup>, ainsi que d'une consultation lancée via la plateforme digitale de participation citoyenne « ouchariko.ma »<sup>3</sup>. Il convient de signaler la contribution scientifique de chercheurs de l'École nationale supérieure d'informatique et d'analyse des systèmes (ENSIAS) sur l'utilisation de l'IA dans le secteur de l'agriculture<sup>4</sup>. De plus, un atelier citoyen a été organisé en partenariat avec la CGEM pour discuter des principales conclusions et des axes de recommandations visant à intégrer l'IA dans le tissu entrepreneurial marocain.

---

1 Annexe 1 : Liste des membres de la commission chargée de la société du savoir et de l'information

2 Annexe 2 : Liste des institutions et acteurs auditionnés

3 Annexe 3 : Résultats de la consultation citoyenne

4 Annexe 4 : Etudes sur l'IA réalisées par des chercheurs de l'ENSIAS



## Synthèse

---

Le présent avis vient en complément de l'auto-saisine « *vers une transformation digitale responsable et inclusive* », adoptée en 2021, plus spécifiquement sa préconisation de faire de l'intelligence artificielle (IA) une priorité nationale dans le cadre de la transformation digitale. Sont ainsi mis en lumière les facteurs favorisant l'adoption et le déploiement de l'IA, ainsi que ses usages et les perspectives de son développement au Maroc. L'avis a été adopté à l'unanimité par l'Assemblée Générale du Conseil, tenue le 27 juin 2024.

L'IA occupe une place centrale dans la transformation digitale, tant par son apport aux secteurs productifs que par ses effets sur les économies et les sociétés. Ses avancées, notamment dans le domaine de l'IA générative, la positionnent non seulement comme un catalyseur de croissance économique, mais également comme un levier essentiel pour améliorer des services essentiels, tels que la santé et l'éducation, en les rendant plus accessibles, efficaces et personnalisés. Des études documentées prévoient que l'IA pourrait augmenter le PIB mondial de 14 % d'ici 2030, tout en contribuant significativement à l'atteinte de 79 % des objectifs de développement durable.

Toutefois, l'adoption de l'IA soulève un ensemble défis majeurs. Au plan éthique, les risques liés à la gestion des données personnelles sont considérables, compte tenu du volume massif d'informations collectées. De plus, les algorithmes peuvent parfois reproduire des biais et partant induire des décisions injustes ou discriminatoires. Au plan social, l'impact de l'IA sur l'emploi suscite des préoccupations, notamment avec la transformation ou la disparition de certains métiers.

Le Maroc possède des atouts importants pour se positionner dans le domaine de l'IA, avec des lois encadrant des aspects-clés du numérique comme la cybersécurité et la protection des consommateurs. Des initiatives, telles que le centre « *AI movement* » à l'UM6P, l'appel à projets « *al khawarizmi* », ainsi que d'autres portées par des écoles d'ingénieurs et certains départements ministériels, témoignent de la volonté d'impulser une dynamique dans le domaine de l'IA. Au niveau international, le Maroc s'engage activement pour une IA éthique et responsable, en adoptant les recommandations de l'UNESCO et en co-parrainant une résolution des Nations Unies sur l'IA au service du développement durable.

Cependant, des obstacles subsistent, notamment l'absence d'un cadre réglementaire spécifique et la libération poussive des données publiques. En outre, les startups spécialisées en IA rencontrent des difficultés d'accès aux financements, les critères d'éligibilité étant souvent inadaptés à leurs besoins spécifiques. Le manque patent de compétences et de formateurs qualifiés entrave également le développement d'un écosystème d'IA performant. De surcroît et nonobstant des initiatives isolées en R&D, le manque de synergie entre les projets et leur inadéquation avec les besoins industriels, en l'absence d'une vision nationale claire et cohérente, hypothèquent la mise en place de solutions alignées sur les priorités économiques du pays.

Partant de ce diagnostic, le CESE appelle à mettre en place une stratégie nationale d'utilisation et de développement de l'IA alignée avec les ambitions du pays. La finalité ultime est de bâtir

un écosystème capable d'une part de favoriser une utilisation large de l'IA au niveau national et, d'autre part, de créer les conditions pour le développement, d'ici 2030, d'une industrie nationale de l'IA, en encourageant la création et le développement de startups et d'entreprises innovantes, avec le soutien des investissements nationaux et internationaux. Cet écosystème devrait favoriser le développement des produits et services potentiellement exportables, en veillant à assurer une utilisation éthique et responsable de l'IA dans tous les secteurs.

Dans ce sens, le CESE a émis un ensemble de recommandations, dont il est permis de citer :

- Réviser la loi 09-08 relative à la protection des données personnelles afin qu'elle intègre valablement les exigences des données utilisées et générées par l'IA, tout en garantissant sa conformité avec les normes internationales.
- Encourager l'usage raisonné d'outils IA dans tous les secteurs, aussi bien publics que privés, en développant un plan de soutien dédié, notamment pour les PME et TPE, incluant des volets de formation ainsi que des dispositifs d'accès aux ressources financières, matérielles et logicielles.
- Libérer les données publiques et faciliter l'accès à des données fiables et interopérables pour disposer des informations nécessaires au développement d'applications d'IA.
- Créer un fonds d'investissement public-privé dédié à l'innovation dans l'intelligence artificielle et les technologies numériques avancées, incluant des subventions, des fonds d'amorçage et du capital-risque pour soutenir les projets en IA.
- Prévoir des incitations fiscales au profit des entreprises, notamment les TPE et PME qui développent l'IA, l'utilisent pour améliorer leur productivité ou collaborent avec le secteur de la recherche en IA. Il est également nécessaire d'adapter la charte d'investissement pour mieux répondre aux spécificités des startups en IA, en révisant les critères d'éligibilité actuels.
- Prioriser les efforts de développement de solutions à base de technologies IA pour deux ou trois secteurs au maximum pour éviter la dispersion des ressources. L'éducation, la santé et l'agriculture pourraient figurer parmi ces secteurs.

Développer un modèle de langage souverain (*données en darija*) pour améliorer l'inclusion numérique en permettant à tous les citoyens, quel que soit leur niveau d'éducation, de participer activement aux interactions numériques et étendre ainsi l'accès à l'IA à l'ensemble de la population.

- Intégrer systématiquement la formation en IA dans l'offre éducative nationale et renforcer les programmes d'enseignement supérieur en IA dans les universités et écoles spécialisées. En parallèle, combler le manque de formateurs en proposant aux profils scientifiques, tels que les mathématiciens, une formation spécialisée en IA.





## Introduction

---

La transformation numérique a profondément modifié l'économie et la société, à tel point que presque toutes les activités productives incluront une dimension digitale. Au cœur de cette transformation se trouve l'Intelligence Artificielle (IA). Bien que l'IA ne soit pas une discipline scientifique récente, les progrès réalisés, notamment avec les IA génératives, l'ont placée au centre des processus cognitifs, auparavant réservés à l'humain.

### **Encadré 1 : Définition de l'intelligence artificielle (OCDE)<sup>5</sup>**

Un système d'intelligence artificielle est un système automatisé qui, pour un ensemble donné d'objectifs, est en mesure d'établir des prévisions, de formuler des recommandations, ou de prendre des décisions influant sur l'environnement. Il utilise des données et entrées générées par la machine et/ou apportées par l'homme pour (i) percevoir des environnements réels et/ou virtuels ; (ii) produire une représentation abstraite de ces perceptions sous forme de modèles issus d'une analyse automatisée (par exemple, apprentissage automatisé) ou manuelle ; et (iii) utiliser les résultats inférés du modèle pour formuler différentes options de résultats. Les systèmes d'IA sont conçus pour fonctionner à des degrés d'autonomie divers.

L'IA permet désormais de simuler des raisonnements et comportements humains à travers des programmes informatiques et des machines. Les outils grand public, tels que les générateurs de texte, traducteurs automatiques ou systèmes de reconnaissance d'image, illustrent l'application concrète de ces techniques.

Certaines de ces techniques ont déjà connu des avancées majeures et jouent un rôle-clé dans le développement socio-économique des entreprises et des Nations. Cependant, de nombreuses technologies prometteuses sont encore en phase de maturation et nécessitent des développements supplémentaires, tant dans les centres de recherche universitaires que dans les unités de R&D des entreprises. De nombreuses start-ups se positionnent ainsi sur ces créneaux avec l'ambition de créer des produits commercialisables.

D'un point de vue économique, les opportunités offertes par les technologies de l'IA sont considérables. Elles pourraient générer plusieurs milliers de milliards de dollars pour l'économie mondiale, avec une projection d'augmentation du PIB mondial de près de 14 % d'ici 2030<sup>6</sup>.

En ce qui concerne son impact sur le marché du travail, l'IA progresse rapidement dans de nombreux domaines et automatise un nombre croissant de tâches, y compris celles considérées comme exclusivement réservées aux humains. Deux approches principales émergent pour appréhender ces transformations : l'une envisage une augmentation des capacités humaines grâce à l'IA, comme lors de précédentes révolutions industrielles et scientifiques ; l'autre, plus radicale, prévoit un remplacement total de l'humain par l'IA. Toutefois, il est encore trop tôt pour anticiper l'impact réel de l'IA sur le travail à moyen et long terme. L'impact de l'IA varie considérablement selon les secteurs d'activité. Certains vivront une véritable révolution, tandis

---

5 Perspectives de l'emploi de l'OCDE 2023 : Intelligence artificielle et marché du travail

6 Etudes de PwC, McKinsey et Goldman Sachs (cf. partie enjeu économique)

que d'autres subiront des changements à différents degrés. Une approche adaptée à chaque secteur sera donc indispensable.

Par ailleurs, les capacités des systèmes d'IA à imiter des comportements humains soulèvent de nouveaux défis juridiques et éthiques, notamment en ce qui concerne le respect des droits fondamentaux (cas des systèmes de reconnaissance faciale utilisés pour la surveillance publique), et la détermination de responsabilité et des effets juridiques.

Plusieurs questionnements restent à cet égard, posés : comment se prémunir des dérives et des dangers liés à l'utilisation de ces outils technologiques ? Est-il possible de garantir une utilisation éthique et responsable de l'IA ? Comment intégrer des valeurs fondamentales telles que les droits humains, la solidarité et la justice dans un environnement où l'IA joue un rôle de plus en plus central dans les processus de prise de décision, et ce, dans des domaines variés ? Comment « collaborer » avec des outils qui semblent parfois plus « intelligents » que les humains ? Et surtout, comment en tirer le meilleur parti pour un développement économique et social à la fois accéléré et durable ?

Chacune de ces questions nécessiterait des études approfondies, et certaines d'entre elles n'ont probablement pas encore de réponse claire à ce jour. L'objectif de cet avis n'est donc pas de proposer une revue exhaustive de l'IA, de ses potentialités et des risques associés, mais plutôt d'analyser l'impact de ces nouvelles technologies sur le Maroc, en veillant à maximiser leurs bénéfices tout en minimisant leurs effets négatifs. Le présent avis s'inscrit dans la continuité des travaux du CESE dont celui réalisé en 2021 dans le cadre de l'auto-saisine sur « vers une transformation digitale responsable et inclusive », et particulièrement en lien avec la recommandation d'« ériger l'intelligence artificielle (IA) en priorité dans le chantier de la transformation digitale de notre pays au vu de son importance capitale aux plans stratégique et économique ».

## I. Les enjeux de l'IA : entre opportunités de progrès et risques potentiels

L'IA représente une révolution technologique qui redéfinit les frontières du possible dans divers domaines, qu'il s'agisse des secteurs économiques, sociaux, culturels ou environnementaux. Si l'IA ouvre des perspectives prometteuses en matière d'innovation, de productivité et de résolution de défis sociétaux, elle soulève également des risques importants. L'adoption massive de l'IA soulève ainsi des questions éthiques, juridiques et sociales, particulièrement en ce qui concerne la protection des données, les droits de propriété intellectuelle et les impacts sur l'emploi.

### 1.1. Un enjeu technologique

Les fondements des machines intelligentes remontent aux années 1940<sup>7</sup>, avec les travaux pionniers d'Alan Turing. Dès cette période, le développement des premiers ordinateurs a alimenté l'idée de « machines intelligentes ». Le terme « intelligence artificielle » a été introduit en 1956 lors d'une conférence scientifique à Dartmouth, aux États-Unis. Depuis, l'IA a évolué en fonction des avancées des algorithmes et de la puissance des ressources de calcul.

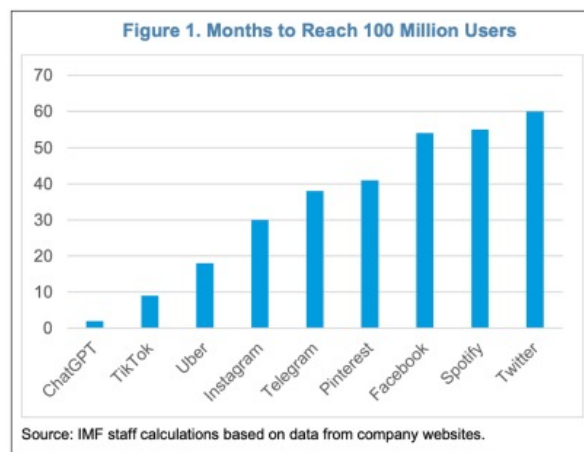
---

7 <https://www.coe.int/fr/web/artificial-intelligence/history-of-ai>

Au cours des premières décennies, les recherches étaient principalement financées par le département de la défense américain, qui considérait cette technologie comme un enjeu stratégique. Une évolution notable s'est produite dans les années 1980 avec l'apparition des systèmes experts, qui ont permis les premières applications concrètes de l'IA.

Les progrès récents, notamment dans l'utilisation des réseaux de neurones et de l'apprentissage profond (*deep learning*), ont donné une nouvelle impulsion à l'IA, surtout à partir de la décennie 2010. L'augmentation des capacités de calcul et la disponibilité massive de données sur *Internet* (*big data*) ont ouvert la voie à de nombreuses innovations et applications de l'IA.

Le lancement de « *ChatGPT* » en 2022, un agent conversationnel basé sur le modèle de langage GPT-3.5 développé par *OpenAI*, a marqué un tournant décisif. Dès son lancement, l'intelligence artificielle générative est devenue accessible à tous, rassemblant plus de 100 millions d'utilisateurs actifs en seulement deux mois (cf. figure 1). Plusieurs secteurs tels que l'industrie, le monde académique, les cabinets juridiques et les maisons d'édition exploitent désormais cette technologie pour répondre à leurs besoins spécifiques.



Les avancées rapides des grands modèles de langage (*LLMs*), dotés de milliards, voire de trillions de paramètres, ont inauguré une nouvelle ère pour l'IA générative, capable de produire des textes, des images photoréalistes et même des séquences vidéo. Des outils comme *DALL-E* et *Midjourney* illustrent cette évolution, en générant automatiquement des images à partir de descriptions textuelles. Cependant, ces créations originales soulèvent de nouvelles questions en matière de propriété intellectuelle.

Pour mieux cerner les enjeux technologiques de l'IA, il est essentiel de souligner les trois éléments-clés sur lesquels repose son fonctionnement : une infrastructure matérielle robuste, des algorithmes performants et des données abondantes et de qualité.

### **Encadré 2 : Les trois composantes de L'IA**

#### **1. Une infrastructure matérielle adéquate et évolutive :**

- Les capacités de calcul et de stockage sont essentielles pour traiter les volumes massifs de données nécessaires à l'IA. Les data centers hébergent les équipements tels que les serveurs, les processeurs CPU (*Central Processing Unit*), GPU (*Graphics Processing Unit*) et TPU (*Tensor Processing Unit*), spécialement conçus pour l'entraînement des algorithmes d'IA.
- L'infrastructure cloud<sup>8</sup> offre une virtualisation des ressources de calcul et de stockage, permettant une flexibilité et une évolutivité à la demande.
- La connectivité au réseau Internet, tant au niveau national qu'international, est cruciale pour assurer la communication entre les data centers et les utilisateurs finaux des applications IA. Les citoyens et les objets connectés (IoT) nécessitent également un accès à des réseaux haut débit pour une utilisation optimale de ces technologies.

#### **2. Des algorithmes performants<sup>9</sup> :**

Les modèles d'apprentissage automatique (*machine learning*) et d'apprentissage profond (*deep learning*) sont des piliers essentiels de l'IA. Ils reposent sur des algorithmes complexes capables de traiter et d'analyser des données afin de produire des prédictions ou des décisions en temps réel.

- Le *machine learning* repose sur des algorithmes qui apprennent à partir de données passées pour prédire ou prendre des décisions en temps réel. Ces modèles sont utilisés dans une vaste gamme d'applications où les algorithmes sont constamment ajustés en fonction des données historiques.
- Le *deep learning*, un sous-ensemble du *machine learning*, utilise des réseaux neuronaux profonds pour traiter des volumes massifs de données et résoudre des tâches complexes comme la reconnaissance d'images ou la compréhension du langage naturel.

#### **3. Les données, carburant de l'IA<sup>10</sup> :**

Les données jouent un rôle fondamental dans toutes les phases du développement de l'IA. Lors de la phase de conception, l'architecture du système est directement influencée par les types de données qui seront utilisées (texte, images, sons, vidéos, etc.).

Aujourd'hui, le développement des systèmes d'intelligence artificielle repose encore en grande partie sur des données étiquetées manuellement par des humains. Néanmoins, les avancées de la recherche permettent désormais aux algorithmes d'apprendre de manière autonome, grâce à des techniques d'apprentissage non supervisé (*unsupervised learning*). Dans ce mode d'apprentissage, les algorithmes identifient des structures et des motifs cachés dans les données sans nécessiter d'étiquettes préalables.

8 Avis du CESE « Le cloud : un levier d'urgence pour réussir la transformation digitale » 2023

9 Deep Learning, Ian Goodfellow, Yoshua Bengio & Aaron Courville, MIT Press, 2016

10 Avis du CESE, « Open Data, la libération des données publiques au service de la croissance et de la connaissance », 2013.

L'automatisation de l'apprentissage présente l'avantage de renforcer l'efficacité, tout en réduisant les coûts et la lourdeur du processus d'étiquetage manuel. Toutefois, un défi majeur subsiste dans l'IA moderne : l'explicabilité des résultats produits par ces systèmes.

L'intelligence artificielle est en constante évolution, et bien qu'il soit difficile de prédire avec certitude ses futurs développements, la majorité des experts s'accordent à dire que l'IA continuera de se perfectionner. Des avancées, comme l'informatique quantique, pourraient révolutionner les capacités de calcul et améliorer encore les performances de l'IA.

Il demeure que la perspective de l'avènement d'une intelligence artificielle générale, capable de réaliser toutes les tâches cognitives humaines, reste un objectif lointain<sup>11</sup>. Pour le moment, l'IA continue d'étendre ses domaines d'application tout en redéfinissant les limites de ce qui est techniquement possible.

## 1.2. Un enjeu économique

L'intelligence artificielle (IA) est désormais largement reconnue pour son impact économique significatif. Selon une étude de *Price Waterhouse Coopers*, l'IA pourrait générer d'ici 2030<sup>12</sup> jusqu'à 15 700 milliards de dollars pour l'économie mondiale, ce qui représenterait environ 14 % du PIB global. Cette croissance bénéficierait principalement à la Chine (26 %) et à l'Amérique du Nord (14 %). Parallèlement, Goldman Sachs projetait en 2023 une augmentation de 7 % du PIB mondial, soit près de 7 000 milliards de dollars<sup>13</sup>.

Le cabinet *McKinsey* estime également la contribution potentielle de l'IA non générative entre 11 000 et 17 700 milliards de dollars, tandis que l'IA générative pourrait injecter entre 2 600 et 4 400 milliards de dollars supplémentaires à l'économie mondiale<sup>14</sup>.

L'intégration de l'IA transforme profondément les modèles économiques et opérationnels des entreprises. Elle permet l'accès à des informations jusqu'alors inaccessibles, renforçant ainsi les relations clients et les offres commerciales. Cette transformation n'est pas simplement une avancée technologique, mais une révolution qui modifie directement la compétitivité et le fonctionnement interne des entreprises.

L'IA stimule également l'innovation en facilitant la création de nouveaux produits, l'exploration de nouveaux marchés, l'optimisation des processus, et l'amélioration des services. Selon une étude du *think tank* du Parlement européen<sup>15</sup>, l'IA pourrait accroître la productivité du travail de 11 % à 37 % d'ici 2030.

En outre, l'IA aide les entrepreneurs à développer des startups, tout en proposant des solutions personnalisées et en automatisant des tâches complexes, libérant ainsi des ressources pour des activités plus stratégiques<sup>16</sup>.

---

11 <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence/Is-artificial-general-intelligence-AGI-possible>

12 PwC, « Sizing the prize What's the real value of AI for your business and how can you capitalise? » report, 2017.

13 <https://www.goldmansachs.com/intelligence/pages/generative-ai-could-raise-global-gdp-by-7-percent.html>

14 The economic potential of generative AI: The next productivity frontier, McKinsey 2023

15 <https://www.europarl.europa.eu/topics/fr/article/20200918STO87404/intelligence-artificielle-opportunités-et-risques>

16 Selon l'audition d'Intelcia, (mars 2024), Le secteur de la relation client, qui emploie des dizaines de milliers de personnes au Maroc, risque d'être profondément transformé par l'introduction des chatbots et des assistants vocaux. Cependant, il semble, selon les perspectives actuelles des entreprises du secteur, que l'IA est davantage perçue comme un outil d'assistance, permettant aux agents humains d'améliorer leurs compétences et d'être plus efficaces dans leurs réponses.

Cependant, l'IA présente également des risques, notamment celui de favoriser la concentration industrielle et de renforcer la domination des grandes entreprises internationales. Il devient, dès lors, essentiel de mobiliser les outils de la politique de la concurrence afin de prévenir les abus de position dominante<sup>17</sup>.

Il convient de signaler que les grandes entreprises technologiques jouent un rôle déterminant dans la diffusion des solutions d'IA, en décidant de ce qui est accessible ou non. Cela soulève des questions sur leur influence, parfois supérieure à celle des États, malgré les efforts des puissances économiques pour encadrer ces entreprises, en particulier dans les contextes multilatéraux.

**Encadré 3 : Les secteurs qui bénéficieraient le plus des apports de l'IA selon les participant.e.s de au questionnaire « Ouchariko »<sup>18</sup>**

Les résultats montrent que l'éducation arrive en tête avec 80,6%, suivie des services publics (70,7%), de la santé (65,7%), de l'industrie (67,5%), de l'agriculture (55%) et des secteurs de l'eau et de l'énergie (51,5%). De plus, 19,5% des participant.e.s estiment que d'autres secteurs pourraient également bénéficier de l'apport de l'IA, notamment l'informatique et les télécommunications, la sécurité et la cybersécurité, la finance et la banque, la recherche scientifique, le transport et la logistique, le droit et la justice, ainsi que le tourisme et les arts, médias et communication.

### 1.3. Un enjeu sociétal

L'IA, en tant que technologie transversale, exerce une influence majeure sur la société et ses structures organisationnelles. Elle offre des solutions innovantes pour relever divers défis et évolutions, tout en redéfinissant les perceptions du monde et les interactions humaines. L'IA permet des avancées notables dans de nombreux domaines<sup>19</sup>, tels que l'amélioration de la qualité des soins de santé, l'optimisation des transports et l'accès à des services plus abordables, personnalisés et durables. De plus, elle facilite l'accès à l'information et à la formation, tout en contribuant à la sécurité des environnements de travail par l'automatisation des tâches dangereuses. L'adoption de l'IA est de nature également à stimuler la création d'emplois au sein des entreprises qui exploitent ces technologies émergentes.

Toutefois, les applications de l'IA comportent aussi un ensemble de risques. Elles peuvent ainsi être détournées pour manipuler l'opinion publique à travers la désinformation, porter atteinte à la vie privée ou faciliter des cyberattaques. Des questions éthiques se posent également avec des innovations comme les avatars numériques, qui soulèvent de nouveaux enjeux quant à la préservation de l'intégrité des personnes et des droits individuels.

Les préoccupations liées aux conséquences potentielles de l'IA ont conduit certains experts à demander un moratoire temporaire en 2023<sup>20</sup>, afin de renforcer les cadres de sécurité et de régulation entourant son développement. Des initiatives, telles que le projet *AI Ethics* de

17 Les enjeux économiques de l'intelligence artificielle, Trésor-Eco, avril 2024

18 Annexe 3 : Résultats de la consultation citoyenne

19 Pour mettre en avant les applications bénéfiques pour la société, les Nations Unies organisent chaque année depuis 2017 un sommet mondial « AI for Good » visant à présenter les projets les plus prometteurs rendus possibles grâce aux applications de l'intelligence artificielle.

20 <https://www.courrierinternational.com/article/gpt-4-un-millier-d-experts-de-la-tech-demandent-un-moratoire-sur-la-recherche-en-ia>

l'Université de Montréal et la Déclaration de Montréal pour un développement responsable de l'IA<sup>21</sup>, visent à promouvoir une IA respectueuse des droits humains, de l'équité sociale et de la durabilité<sup>22</sup>.

Un autre défi majeur pour le déploiement de l'IA réside dans les biais intégrés dans ses systèmes. Ces biais peuvent être de nature raciale, de genre, ou même liés à des différences culturelles, et sont susceptibles d'affecter l'équité des décisions prises par ces systèmes. Les causes et sous-jacents de ces biais sont multiples. Les données d'entraînement, souvent le reflet de biais présents dans la société, jouent à ce titre, un rôle-clé. Par exemple, un algorithme de reconnaissance faciale entraîné principalement sur des images de personnes à la peau blanche peut manquer de précision pour identifier correctement des individus à la peau de couleur différente. De surcroît, l'interaction entre l'IA et les utilisateurs humains peut également introduire des biais, notamment dans les systèmes d'apprentissage continu, comme les *chatbots*, où les termes employés par les utilisateurs peuvent influencer le comportement du modèle.

D'autres sources de biais proviennent de l'optimisation multi-objectifs<sup>23</sup>. Certains modèles d'IA cherchent ainsi à équilibrer plusieurs critères, mais les pondérations attribuées à ces objectifs peuvent entraîner des distorsions dans les résultats. De surcroît, les biais peuvent également découler des programmeurs eux-mêmes, ce qui souligne l'importance d'une formation interdisciplinaire intégrant les sciences sociales dans les cursus techniques afin de mieux comprendre et gérer les impacts éthiques et sociétaux des technologies de l'IA. La réduction des biais et l'élaboration de systèmes d'IA explicables et transparents deviennent ainsi des priorités pour garantir l'équité et la fiabilité des systèmes déployés à grande échelle.

#### 1.4. Un enjeu de protection des données personnelles

Pour produire des résultats pertinents, les systèmes d'intelligence artificielle s'appuient sur un vaste *corpus* d'informations accessibles en ligne, soulevant ainsi des interrogations majeures quant à la protection des données à caractère personnel. Ces données doivent être traitées de manière juste et transparente, avec le consentement explicite des personnes concernées, et utilisées strictement aux fins spécifiques pour lesquelles elles ont été initialement collectées.

Cependant, ces principes semblent difficiles à appliquer et à contrôler, compte tenu des multiples usages qu'une IA peut générer une fois qu'elle a été entraînée. Les organisations en charge de la protection des données personnelles sont appelées à élaborer des approches novatrices et adaptées pour faire face aux défis spécifiques de l'IA, tout en veillant à ne pas imposer de réglementations susceptibles d'entraver la marche de l'innovation technologique. Un équilibre devra ainsi être trouvé entre la préservation des libertés individuelles et le progrès technologique inéluctable.

#### 1.5. Un enjeu social

L'IA constituerait un auxiliaire essentiel pour transformer et améliorer les services sociaux en

---

21 <https://declarationmontreal-iaresponsable.com/>

22 Ces initiatives mettent l'accent sur des valeurs telles que le respect de la personne, la justice, le bien-être, l'autonomie, la vie privée, la démocratie, l'équité, l'inclusion, la prudence, la responsabilité et la durabilité.

23 L'optimisation multi-objectifs est un processus de prise de décision qui consiste à trouver la meilleure solution possible en tenant compte de plusieurs critères ou objectifs simultanément.



offrant des solutions d'accès à la fois décentralisées et personnalisées. Lorsque l'accès aux infrastructures de communication est garanti, les systèmes basés sur l'IA deviennent à la portée de toute la population, permettant ainsi de surmonter les barrières géographiques et les contraintes temporelles. Cette large disponibilité ouvre la voie à des services précisément adaptés aux besoins spécifiques de chaque individu, renforçant ainsi l'inclusion tout en assurant une équité accrue dans l'accès aux services essentiels.

En outre, l'analyse de grandes quantités de données par l'IA – telles que les dossiers médicaux, les historiques d'assistance sociale ou encore les interactions sur les réseaux sociaux – permet de fournir des analyses prédictives, offrant ainsi une gestion proactive des besoins des populations. Cette capacité à anticiper les demandes constitue un outil précieux pour optimiser l'allocation des ressources et, partant améliorer la qualité des services publics., Il est, cependant impératif que ces analyses soient réalisées en stricte conformité avec les réglementations en vigueur concernant la protection de la vie privée, en particulier le traitement des données sensibles<sup>24</sup>.

Sur le plan professionnel, l'IA, en tant que technologie transformatrice, a des impacts majeurs sur l'emploi et les compétences. Si son potentiel industriel favorise la création de nouveaux emplois, notamment dans les secteurs technologiques et industriels, elle entraîne également la suppression de certaines tâches en raison de l'automatisation. Ce phénomène, couramment décrit sous le prisme de la « destruction créatrice », conduit à l'émergence de nouveaux métiers tout en modifiant profondément ceux déjà existants. Toutefois, il demeure difficile de quantifier à ce jour l'impact global de l'IA sur l'emploi, les différentes études produisant des résultats disparates. Néanmoins, ces études s'accordent toutes sur le rôle croissant que l'IA jouera dans la réorganisation du travail à l'avenir.

#### **Encadré 4 : Quelques exemples de prévisions donnés par divers organismes**

- Selon le FMI, l'intelligence artificielle affectera 60% des emplois dans les pays économiquement développés, et seulement 26% dans les pays à faible revenu. L'institution met en garde contre le danger d'accentuation des inégalités sociales au niveau mondial.
- Selon l'étude «*Perspectives de l'OCDE sur les compétences 2023*», 27 % des emplois se situent dans des professions à haut risque d'automatisation. Cependant, cette étude indique que l'adoption limitée de l'IA et les ajustements volontaires des effectifs par les entreprises entraînent peu de retombées négatives significatives sur l'emploi.
- L'OIT prévoit la suppression de 5,5% dans les pays développés et 0,4% pays à faible revenu («*Generative AI and jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality*», 2023). Cette étude précise que sa valeur principale réside moins dans la précision des estimations fournies que dans la nature des changements possibles.

Il convient de signaler que les transformations induites par l'IA affectent davantage des tâches spécifiques plutôt que des métiers dans leur intégralité. Cette distinction est essentielle pour comprendre que l'adaptation au changement se fera principalement par l'évolution des

<sup>24</sup> <https://www.cndp.ma/glossaires/#:~:text=Donn%C3%A9es%20sensibles%3A%20Donn%C3%A9es%20%C3%A0%20caract%C3%A8re,y%20compris%20des%20donn%C3%A9es%20g%C3%A9n%C3%A9tiques.>

compétences requises, plutôt que par la disparition complète des métiers. De plus, les impacts de l'IA sur l'emploi varient considérablement selon le niveau de développement économique des pays. Les économies avancées privilégieront la recherche et l'innovation, tandis que les pays émergents concentreront leurs efforts sur la modernisation de leurs infrastructures technologiques.

Par ailleurs, l'adoption croissante de l'IA aura des répercussions sur les compétences requises par la majorité des travailleurs, dont environ 60 %<sup>25</sup> devront se former aux nouvelles technologies et acquérir de nouvelles compétences. À ce titre, un rapport du site *Indeed*<sup>26</sup> indique que 19,8 % des emplois recensés sont fortement exposés à au moins une forme d'IA<sup>27</sup>. Par ailleurs, l'usage de l'IA au travail se démocratise, comme le montre le fait que 39 % des actifs français déclarent l'avoir utilisée au moins une fois dans le cadre de leur activité professionnelle<sup>28</sup>.

Comme pour toute innovation technologique, les changements dans les modes de travail s'effectueront probablement de manière progressive. Pour minimiser les impacts négatifs, des efforts concertés devront être déployés pour promouvoir la formation, la reconversion et le redéploiement des travailleurs, permettant ainsi une transition harmonieuse vers un environnement professionnel de plus en plus automatisé et ayant recours à l'IA.

### 1.6. Un enjeu de responsabilité humaine

Les systèmes d'IA atteignent de plus en plus des niveaux de sophistication tels que les humains pourraient, à terme, s'en remettre totalement à eux. Deux facteurs principaux expliquent cette tendance : d'une part, la confiance excessive accordée à la performance perçue des systèmes d'IA, et d'autre part, l'opacité des processus décisionnels, qui incite l'utilisateur à déléguer involontairement son pouvoir de décision à la machine.

Ces dynamiques risquent d'entraîner une érosion progressive des compétences et des connaissances humaines, les individus se reposant sur l'IA pour des tâches qu'ils réalisaient auparavant et qui faisaient partie intégrante des savoir-faire humains. En dépit de son objectif initial d'assistance, l'IA peut ainsi, par une certaine paresse intellectuelle, imposer des décisions à l'utilisateur, créant une situation de « subordination algorithmique » ou de « démission ». Ce phénomène est particulièrement préoccupant dans des domaines critiques tels que la santé et la sécurité, où les décisions prises peuvent avoir des conséquences considérables.

Selon une étude de *Gartner*, d'ici 2030, les décisions prises par des agents d'IA sans contrôle humain pourraient causer des pertes économiques de l'ordre de 100 milliards de dollars<sup>29</sup>.

Bien que ces risques doivent être relativisés, il est essentiel de les prendre en compte à travers des formations ciblées visant à renforcer les compétences analytiques et le sens critique des utilisateurs. Cela permettrait à l'individu, libéré de certaines tâches routinières, de se concentrer sur des activités plus complexes tout en maintenant l'IA dans un rôle d'assistant, et non de

---

25 [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs\\_2023.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf)

26 Plateforme américaine de recherche d'emploi

27 <https://www.hiringlab.org/2023/09/21/indeed-ai-at-work-report/>

28 <https://press.jobteaser.com/pres-de-deux-tiers-des-jeunes-francais-effrayes-par-limpact-de-lintelligence-artificielle-sur-leur-carriere>

29 <https://www.gartner.com/en/insights/generative-ai-for-business>

décideur. Par ailleurs, une gouvernance rigoureuse de l'IA est nécessaire pour encadrer les responsabilités respectives de l'utilisateur, du fournisseur et du producteur des systèmes d'IA.

### 1.7. Un enjeu créatif et culturel

Les industries créatives, telles que les arts visuels, *le design*, la littérature, le cinéma, la musique, les jeux vidéo et l'audiovisuel, manifestent un intérêt croissant pour les possibilités offertes par l'IA. L'IA peut améliorer les techniques de conception et de production, modéliser une large gamme de méthodes créatives, analyser des tendances, générer des contenus visuels réalistes et faciliter les processus de création artistique.

Cependant, l'intégration de l'IA dans ces secteurs soulève des questions juridiques et éthiques complexes. L'une des interrogations majeures concerne la nature des œuvres créées par l'IA : peuvent-elles être considérées comme de simples données dépourvues d'authenticité créative ? De plus, l'utilisation de l'IA remet en question les principes du droit d'auteur, notamment en ce qui concerne la protection des œuvres générées automatiquement. Les technologies d'IA générative, capables de reproduire fidèlement la voix, l'image ou même les vidéos d'un interprète, soulèvent également des préoccupations quant à l'usage des avatars d'artistes vivants ou décédés. Comment dès lors appliquer le droit d'auteur non pas à une œuvre tangible, mais à la représentation numérique d'un créateur ?

À l'échelle nationale, il est essentiel de porter une attention particulière à la protection des marques culturelles propres à chaque pays, qu'il s'agisse de modèles et dessins artisanaux, d'œuvres culinaires, architecturales ou musicales<sup>30</sup>. L'IA peut en effet être détournée pour imiter ou s'appropriier des éléments du patrimoine culturel, menaçant ainsi leur authenticité et leur intégrité.

Un autre défi majeur concerne le consentement et la rémunération des auteurs dont les œuvres ont été utilisées pour entraîner les algorithmes d'IA. Cette question est cruciale pour préserver l'écosystème de l'industrie créative ainsi que celui de la presse. En effet, les articles, photos et vidéos produits et diffusés gratuitement en ligne sont largement exploités comme sources de données pour l'entraînement des systèmes d'IA. Face à cette situation, certains acteurs du secteur ont déjà entamé des négociations ou scellé des accords pour régler l'utilisation de ces données par les entreprises de l'IA.

#### **Encadré 5 : Accord entre le journal *Le Monde* et Open AI**

Le journal *Le Monde* a publié un communiqué où il indique qu'un accord de partenariat a été établi avec un acteur majeur de l'IA pour que celui-ci puisse s'appuyer sur le corpus du journal pour s'en servir comme source de référence en langue française<sup>31</sup>.

En parallèle, l'IA offre des opportunités uniques pour préserver et valoriser le patrimoine culturel. Grâce à ses applications, elle peut transcender les frontières linguistiques et adapter les contenus aux spécificités culturelles de différents pays. L'intégration de la dimension culturelle

30 Avis CESE, « Pour une nouvelle vision de gestion et de valorisation du patrimoine culturel », 2021

31 Intelligence artificielle : un accord de partenariat entre « *Le Monde* » et OpenAI

dans le développement des systèmes d'IA est essentielle pour éviter les biais, les erreurs ou malentendus liés aux divergences culturelles.

Toutefois, le respect des particularités culturelles constitue un défi majeur, surtout dans un contexte où les données d'apprentissage sont majoritairement occidentales (93 % des données d'entraînement de GPT-3 proviennent de textes en anglais<sup>32</sup>). Il devient donc crucial de diversifier les sources de données culturelles en ligne et de promouvoir la création de contenus reflétant les diverses identités culturelles. Parallèlement, il est nécessaire de développer des applications d'intelligence artificielle qui tiennent compte des spécificités culturelles et des valeurs locales, afin d'assurer une meilleure représentativité et une plus grande acceptabilité de ces technologies à l'échelle mondiale.

### 1.8. Un enjeu environnemental

L'IA est connue pour sa consommation énergétique importante, en particulier dans le cadre des modèles génératifs<sup>33</sup>. À titre d'exemple, la génération d'une seule image par IA peut consommer autant d'énergie que le rechargement complet d'un smartphone<sup>34</sup>. Le rapport de développement durable de *Microsoft* pour l'année 2023 a mis en lumière une augmentation de 29 % des émissions de carbone par rapport à 2020<sup>35</sup>, principalement attribuée à l'utilisation croissante de l'IA, soulevant ainsi d'importantes préoccupations environnementales.

L'entraînement des grands modèles d'IA, souvent délocalisé vers les pays du Sud, exige des ressources de calcul massives, ce qui entraîne une consommation énergétique considérable et aggrave l'empreinte environnementale de ces régions.

A l'inverse, l'IA offre des opportunités substantielles pour contribuer à la réduction des émissions de carbone dans des secteurs tels que l'agriculture, l'énergie et les transports. Selon une étude de *PwC*<sup>36</sup>, l'IA pourrait entraîner une augmentation de 4,4 % du PIB mondial<sup>37</sup> d'ici 2030, tout en réduisant de 4 % les émissions de gaz à effet de serre. De plus, l'IA contribuerait positivement à la réalisation de 79 % des objectifs de développement durable fixés pour cette échéance.

## II. Réponses internationales aux enjeux de l'intelligence artificielle : gouvernance, innovation et éthique

Face aux enjeux croissants liés à l'IA, de nombreux pays et organisations internationales ont établi des cadres de gouvernance adaptés qui visent à encadrer l'utilisation de l'IA tout en exploitant son potentiel pour le développement économique et social. Les réponses apportées par les États varient en fonction de leurs priorités, oscillant entre régulation et encouragement à l'innovation.

---

32 "Language models are few-shot learners" International Conference on Neural Information Processing Systems, 2020 (NIPS '20)

33 <https://www.technologyreview.com/2023/12/05/1084417/ai-carbon-footprint-is-bigger-than-you-think/>

34 <https://www.technologyreview.com/2023/12/01/1084189/making-an-image-with-generative-ai-uses-as-much-energy-as-charging-your-phone/>

35 <https://blogs.microsoft.com/on-the-issues/2024/05/15/microsoft-environmental-sustainability-report-2024/>

36 AI-Driven Net Zero, PwC, 2024.

37 Applications de l'IA axées sur la durabilité dans l'agriculture, l'énergie, les transports et l'eau

## 2.1. Stratégies de réponses des organisations multilatérales et des pays

Les institutions internationales, telles que les Nations Unies et l'OCDE, proposent des cadres généraux fondés sur des principes que les pays peuvent adapter à leurs propres réalités.

C'est ainsi que le Secrétaire Général des Nations Unies a créé un comité consultatif de haut niveau en charge de la réflexion sur l'Intelligence Artificielle<sup>38</sup>. L'OCDE, de son côté, a publié ses *Principes sur l'intelligence artificielle*, un ensemble de lignes directrices visant à promouvoir une utilisation de l'IA innovante, digne de confiance et respectueuse des droits humains et des valeurs démocratiques<sup>39</sup>.

1. Les initiatives de régulation internationale (multilatérale ou à l'échelle des pays) se déclinent en quatre grandes catégories:
2. Les études qui analysent les effets et les enjeux de l'IA<sup>40</sup> ;
3. Les politiques qui définissent les stratégies nationales ou régionales qui visent à organiser le secteur de l'IA<sup>41</sup> ;
4. Les lignes directrices (*guidelines*) qui proposent des recommandations non contraignantes, souvent considérées comme un premier pas vers une régulation plus formelle<sup>42</sup> ;

Les lois et actes qui régissent l'usage de l'IA et qui souvent élaborés après l'expérimentation des *guidelines*<sup>43</sup>.

Il est à souligner que bien que non-contraignantes juridiquement, les lignes directrices servent souvent de fondement à l'élaboration de lois et réglementations, permettant aux gouvernements d'affiner leur compréhension des enjeux avant de formaliser leur cadre de gouvernance.

## 2.2. Mise en place d'instance de réflexion et des organes de régulation à l'échelle des pays

Plusieurs pays ont mis en place des instances de réflexion et des organes de régulation pour accompagner le développement de l'IA tout en assurant son utilisation éthique et sécurisée :

**Les États-Unis** ont créé en 2024 un conseil fédéral<sup>44</sup> pour lutter contre les perturbations liées à l'IA<sup>45</sup>, avec un accent particulier sur la sécurité nationale ou économique, la santé publique et la sûreté. Ce conseil réunit universitaires, politiques et entreprises leaders du secteur, comme *OpenAI*, *Microsoft* et *Google*. Sa mission principale est de garantir que l'utilisation de l'IA soit encadrée de manière « sûre et responsable », en orientant son déploiement vers des pratiques

---

38 <https://news.un.org/fr/story/2023/10/1140052>

39 <https://www.oecd.org/fr/topics/sub-issues/ai-principles.html#:~:text=Les%20Principes%20de%20l'OCDE%20sur%20l'IA%20encouragent%20une,%C3%A0%20l'%C3%A9preuve%20du%20temps.>

40 Exemples d'études : en Inde « responsible AI for all » NITI Aayog, 2021, en France « Donner un sens à l'intelligence artificielle », rapport de mission parlementaire 2019

41 On peut citer : Stratégie pancanadienne en matière d'IA 2017, Stratégie nationale des Émirats Arabes Unis pour l'intelligence artificielle 2031

42 Par exemple, " A Guide to the Responsible Use of AI" Singapour, 2019

43 Par exemple, l'AI Act de l'Union Européenne

44 [https://www.lemonde.fr/pixels/article/2024/04/27/intelligence-artificielle-creation-d-un-conseil-federal-pour-aider-le-gouvernement-americain\\_6230258\\_4408996.html](https://www.lemonde.fr/pixels/article/2024/04/27/intelligence-artificielle-creation-d-un-conseil-federal-pour-aider-le-gouvernement-americain_6230258_4408996.html)

45 <https://www.dhs.gov/artificial-intelligence-safety-and-security-board>

éthiques et sécurisées.

5. **La France** a initié en 2017 une mission dirigée par le mathématicien Cédric Villani, visant à orienter le développement de l'intelligence artificielle<sup>46</sup>. L'objectif principal de cette mission était de « donner un sens » à l'IA en définissant des orientations précises pour son utilisation à l'échelle nationale. Ce travail a contribué à l'élaboration d'une stratégie nationale intégrant les dimensions éthiques, économiques et sociales, plaçant l'IA au cœur des priorités françaises en matière de développement technologique et d'innovation.
6. **Les Émirats Arabes Unis** ont créé en 2017 un ministère de l'intelligence artificielle<sup>47</sup>. Ce ministère a pour mission de positionner le pays comme leader mondial dans ce domaine, en encourageant l'innovation et la recherche. L'objectif est de faire de ce pays une référence mondiale de l'IA, tant sur le plan industriel que technologique.

**L'Arabie Saoudite** a lancé en 2020 une stratégie nationale pour les données et l'IA (NSDAI)<sup>48</sup>, avec pour ambition de positionner le pays parmi les leaders mondiaux d'ici 2030. Pour piloter cette initiative, une autorité dédiée, la *Saudi data and artificial intelligence authority* (SDAIA), a été créée. Cette institution est chargée de superviser et de coordonner toutes les actions liées à l'IA, qu'il s'agisse du développement des compétences, de l'innovation ou de la régulation, afin d'assurer une croissance stratégique et cohérente de ce secteur-clé.

### **2.3. Gouvernance de l'IA : promotion de l'usage, gestion des compétences, stimulation de l'innovation et respect de l'éthique**

Les initiatives nationales et internationales révèlent quatre aspects clés dans la gouvernance de l'IA : la promotion de l'IA pour le développement économique, le développement des compétences, l'innovation industrielle, et l'utilisation éthique et responsable de l'IA.

#### **Promotion de l'usage de l'IA pour le développement économique.**

L'IA est perçue comme un moteur essentiel de la transformation économique mondiale, capable d'améliorer significativement l'efficacité des processus et d'accroître la productivité des entreprises et des institutions. Les stratégies nationales en matière d'IA soulignent son potentiel pour révolutionner plusieurs secteurs économiques, en introduisant des technologies avancées qui automatisent des tâches complexes, optimisent la gestion des ressources et améliorent la prise de décision.

L'intégration de l'IA dans les processus industriels et les services publics permet d'obtenir des gains d'efficacité substantiels. Cela va de la gestion des chaînes d'approvisionnement à l'analyse prédictive des données, en passant par l'automatisation des tâches administratives. Cette transformation impacte des domaines clés comme l'industrie, la santé, les transports et l'administration publique. L'IA devient ainsi un levier pour générer de la valeur économique, en réduisant les coûts opérationnels et en augmentant la qualité et la rapidité des services.

---

46 <https://www.vie-publique.fr/rapport/37225-donner-un-sens-lintelligence-artificielle-pour-une-strategie-nation>

47 <https://thestartupscene.me/FUTURE/The-World-s-first-Minister-for-Artificial-Intelligence-Was-Just-Appointed-In-the-UAE>

48 <https://ai.sa>

Dans cette optique, les États-Unis ont adopté le *AI in Government Act*<sup>49</sup>, une législation qui vise à intégrer l'IA dans le gouvernement fédéral afin d'améliorer ses services publics. Ce projet de loi favorise la formation des fonctionnaires à l'utilisation de l'IA et encourage le recrutement de professionnels dans ce domaine, dans le but de maximiser les bénéfices liés à l'automatisation et à l'analyse avancée des données.

De son côté, Singapour encourage activement les entreprises à intégrer des solutions IA pour améliorer leur productivité. C'est également le cas de la Chine, du Canada ou de la France par exemple.

### Développement des compétences

L'essor rapide de l'intelligence artificielle (IA) et des technologies qui en découlent a révélé un déficit important de compétences dans ce domaine. Les pays ayant mis en place des stratégies nationales en IA ont donc placé le développement des compétences au centre de leurs priorités. Cette démarche est d'autant plus cruciale au regard de l'impact social anticipé, notamment en termes de reconfiguration des métiers et des secteurs économiques, suite à l'adoption croissante de l'IA. De ce fait, les initiatives de reconversion professionnelle sont également fortement encouragées dans la plupart des plans nationaux.

Le Canada, avec sa stratégie *Pan-canadienne* en IA, illustre parfaitement cette approche<sup>50</sup>. Cette stratégie vise à coordonner les efforts des universités, des gouvernements et des acteurs industriels pour développer les compétences nécessaires dans le secteur de l'IA. Cette coopération interdisciplinaire vise à combler le fossé entre la formation académique et les besoins concrets du marché du travail.

La France, dans son « plan national pour l'intelligence artificielle », a mis en place des programmes de formation et de reconversion professionnelle pour répondre à la demande croissante de talents dans le domaine de l'IA<sup>51</sup>. En encourageant les partenariats entre les entreprises, les établissements d'enseignement supérieur et les centres de recherche, la France cherche à adapter les programmes de formation aux besoins évolutifs du marché du travail, tout en capitalisant sur ses capacités en recherche et développement pour transformer ce potentiel en réussite économique.

De son côté, la Chine a lancé le « plan de développement de l'IA pour une nouvelle génération »<sup>52</sup>, qui accorde une importance primordiale à la recherche, à l'innovation et à la formation à grande échelle en IA. Ce plan a pour objectif de former un vaste vivier de talents capable de soutenir les ambitions du pays en matière d'innovation technologique et de leadership mondial dans l'IA.

---

49 <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/house-bill/2575>

50 <https://ised-isde.canada.ca/site/strategie-ia/fr>

51 <https://www.economie.gouv.fr/strategie-nationale-intelligence-artificielle>

52 <https://digichina.stanford.edu/work/full-translation-chinas-new-generation-artificial-intelligence-development-plan-2017/>

La Malaisie, dans sa stratégie d'IA 2021-2025<sup>53</sup>, met également l'accent sur le développement des talents, en identifiant cette priorité comme l'un des piliers fondamentaux de sa stratégie. Elle favorise la reconversion des profils scientifiques et techniques pour pallier le manque de ressources spécialisées dans le secteur de l'IA.

Parmi les pays arabes, l'Arabie Saoudite a mis en place un programme de certification multi-niveaux<sup>54</sup> pour former sa main-d'œuvre dans les domaines des données et de l'IA. Le pays travaille également à intégrer ces volets dans le système éducatif national afin d'assurer un développement continu des compétences sur le long terme.

Ces plans de développement des compétences illustrent la préoccupation croissante des États face à la demande pressante en nouvelles compétences dans le domaine de l'IA, et ce afin d'assurer la continuité et le développement de ce secteur et son intégration comme moteur de croissance économique et sociale.

En parallèle des programmes de formation et en réponse à la pénurie mondiale de talents dans l'IA, plusieurs pays ont adopté des politiques d'immigration ciblées pour attirer rapidement des travailleurs qualifiés. Ces politiques visent également à renforcer la compétitivité des écosystèmes nationaux en IA.

### **L'innovation et le développement industriel**

L'innovation dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA) est perçue par les États comme un levier majeur de développement économique. Les gouvernements s'efforcent de créer des environnements favorables aux entreprises technologiques et industrielles, susceptibles de générer richesse et emplois grâce à l'IA. Les grandes puissances industrielles ont conçu des stratégies ciblées pour impulser l'innovation dans ce secteur, en mettant l'accent sur la recherche, le développement et l'investissement.

Les États-Unis, en particulier, sont à l'avant-garde de ces développements. Le Congrès a adopté plusieurs lois visant à maintenir la position de leader des États-Unis dans le domaine de la recherche et du développement en IA<sup>55</sup>.

En France, des investissements significatifs ont été réalisés pour soutenir le développement de l'IA. La première phase de la stratégie nationale pour l'IA, dotée d'un budget d'environ 1,5 milliard d'euros pour la période 2018-2022<sup>56</sup>, visait à positionner la France parmi les acteurs majeurs dans les disciplines scientifiques liées à l'IA et les technologies-clés du traitement de l'information.

L'Inde travaille, pour sa part, sur une réforme de sa loi sur les technologies de l'information, datant de 2000, afin de l'adapter aux défis posés par l'IA, notamment les systèmes à haut risque<sup>57</sup>. Cette législation vise à promouvoir un environnement « IA pour tous », centré sur le citoyen et inclusif, tout en favorisant une utilisation responsable et sécurisée des technologies d'IA.

---

53 <https://mastic.mosti.gov.my/publication/artificial-intelligence-roadmap-2021-2025/>

54 <https://sdaia.gov.sa/en/Research/Pages/EducationIntelligence.aspx>

55 Par exemple: "National AI Initiative Act of 2020", "CHIPS and Science Act of 2022", "United States Innovation and Competition Act of 2021"

56 <https://www.economie.gouv.fr/strategie-nationale-intelligence-artificielle#:~:text=Initialement%20dot%C3%A9%20de%20pr%C3%A8s%20de,du%20traitement%20de%20l'information.>

57 <https://www.meity.gov.in/content/digital-india-act-2023>



L'Arabie Saoudite, dans le cadre de sa stratégie nationale pour l'IA, a mis en place des fonds spécifiques<sup>58</sup> et des programmes de soutien pour attirer les investisseurs nationaux et étrangers<sup>59</sup>. L'innovation, la qualité et la commercialisation des technologies de données et d'IA constituent les principaux leviers de cette politique. Ces initiatives visent à transformer le pays en un pôle mondial de l'innovation dans les technologies de l'IA.

Les Émirats Arabes Unis ont élaboré une stratégie<sup>60</sup> qui repose fortement sur l'innovation et le développement des compétences. Des centres d'innovation et d'incubation<sup>61</sup> ont été mis en place pour encourager le développement de nouvelles technologies et soutenir la création d'un écosystème propice à l'IA.

D'autres pays, comme la Malaisie et le Kenya, ont réussi à attirer des investissements massifs de la part de géants technologiques internationaux. En Malaisie, des entreprises comme *ByteDance*<sup>62</sup> (maison mère de *TikTok*) et Microsoft ont investi dans l'IA, le *cloud* et l'écosystème digital. De même, au Kenya, des sociétés telles que *Microsoft*<sup>63</sup> et *G42*<sup>64</sup> ont orienté leurs investissements vers le développement des infrastructures numériques et de l'IA.

Ces initiatives illustrent que l'innovation en IA ne se limite pas aux grandes puissances industrielles ; elle touche également des pays émergents qui considèrent cette technologie comme un levier pour accélérer leur développement économique et s'intégrer dans l'économie numérique mondiale. L'investissement dans l'IA est ainsi perçu comme une stratégie clé pour renforcer la compétitivité et promouvoir la croissance à long terme.

### Usage éthique et responsable de l'IA

Le système des Nations Unies a pris des initiatives importantes pour promouvoir une approche de l'intelligence artificielle orientée vers le bien commun, sous le concept de « AI for Good ». Cette initiative vise à explorer dans quelle mesure l'IA peut être un levier pour le développement durable et comment elle peut contribuer à la réalisation des ODD.

En 2021, l'ONU a publié un rapport sur ses activités en matière d'IA, élaboré en collaboration avec l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) et 46 autres agences et organes des Nations Unies. Ce rapport présente plus de 200 cas d'applications concrètes de l'IA dans des domaines variés tels que l'agriculture intelligente, les systèmes alimentaires, les services financiers, le transport, les soins de santé et des solutions pour lutter contre la pandémie de la COVID-19. Ce document constitue un outil central pour encourager la coopération internationale et promouvoir une compréhension commune des solutions et technologies émergentes en IA.

En mars 2024, l'Assemblée générale des Nations Unies a franchi une nouvelle étape en adoptant à l'unanimité une résolution intitulée « *saisir les possibilités offertes par des systèmes d'intelligence*

---

58 <https://www.reuters.com/world/middle-east/saudi-arabia-plans-40-bln-push-into-artificial-intelligence-nyt-reports-2024-03-19/>

59 <https://www.spa.gov.sa/fr/N2152042>

60 <https://ai.gov.ae/wp-content/uploads/2021/07/UAE-National-Strategy-for-Artificial-Intelligence-2031.pdf>

61 <https://dubaismartcity.org/>

62 <https://www.mobileworldlive.com/asia-pacific/bytedance-to-invest-2b-in-malaysia-ai-development/>

63 <https://apnews.com/article/malaysia-microsoft-satya-nadella-invest-ai-chatgpt-25e92ce637a36ea8f88c2725dfa3d1f0>

64 <https://www.investmentmonitor.ai/news/microsoft-and-g42-announce-1bn-digital-investment-in-kenya/>

*artificielle sûrs, sécurisés et dignes de confiance pour le développement durable* »<sup>65</sup>. Cette première résolution sur l'IA, proposée par les États-Unis et soutenue par le Maroc, appelle à l'établissement de normes internationales garantissant que les systèmes d'IA soient développés et utilisés de manière « sûre, sécurisée et digne de confiance ». L'objectif est d'assurer que la transformation numérique et l'accès équitable aux avantages de ces systèmes soient favorisés, plutôt qu'entravés, tout en poursuivant les objectifs de développement durable fixés pour 2030.

Au plan éthique, l'UNESCO a adopté en novembre 2021 une recommandation jugée historique<sup>66</sup> sur l'usage éthique de l'intelligence artificielle<sup>67</sup>. Cette recommandation met en avant huit principes fondamentaux qui devraient guider le développement et l'utilisation de l'IA, afin de s'assurer que ces technologies respectent les droits humains, la dignité et le bien-être des sociétés.

Dans le même sens, le Parlement européen a adopté le « *EU AI Act* »<sup>68</sup>, une législation pionnière pour réguler les systèmes d'IA. Ce cadre introduit une approche innovante de classification des applications IA en quatre catégories de risque :

1. Risque inacceptable (applications interdites) ;
2. Haut risque (soumis à une régulation stricte) ;
3. Risque limité (avec des exigences modérées) ;
4. Non critiques (sans régulation particulière).

Cette classification permet de mettre en place un contrôle proportionné, où les applications présentant un risque élevé sont surveillées de près, tandis que celles à faible risque bénéficient d'une plus grande liberté d'utilisation.

En mai 2024, le Conseil de l'Europe a adopté le premier traité international juridiquement contraignant sur l'IA<sup>69</sup>, portant sur les droits de l'homme, la démocratie et l'État de droit. Ce traité, ouvert à la signature des pays européens et non européens<sup>70</sup>, définit un cadre juridique applicable tout au long du cycle de vie des systèmes IA : de leur conception à leur utilisation, jusqu'à leur mise hors service<sup>71</sup>.

Parallèlement, de nombreux pays, comme la Chine, l'Inde et les Émirats Arabes Unis, ont intégré des considérations éthiques dans leurs réglementations sur l'IA. En Europe, la plupart des pays se conforment à l'« *EU AI Act* », qui constitue désormais un cadre juridique incontournable pour réguler l'IA dans l'Union Européenne.

---

65 <https://documents.un.org/doc/undoc/ltd/n24/065/93/pdf/n2406593.pdf>

66 « Ce texte historique énonce des valeurs et principes communs qui guideront la mise en place de l'infrastructure juridique nécessaire pour assurer un développement sain de l'IA » source : <https://news.un.org/fr/story/2021/11/1109412>

67 Recommandation sur l'éthique de l'intelligence artificielle - UNESCO Bibliothèque Numérique

68 EPRS\_BRI(2021)698792\_EN.pdf (europa.eu)

69 <https://www.coe.int/fr/web/portal/-/council-of-europe-adopts-first-international-treaty-on-artificial-intelligence>

70 Cette convention a été ouverte à la signature à partir de septembre 2024 : lors d'une conférence des ministres de la Justice des États membres du Conseil de l'Europe organisée à Vilnius

71 [https://search.coe.int/cm/Pages/result\\_details.aspx?ObjectId=0900001680afb120](https://search.coe.int/cm/Pages/result_details.aspx?ObjectId=0900001680afb120)

Du côté du secteur privé, les entreprises développant des systèmes d'IA révisent régulièrement leurs conditions d'utilisation afin de faire face aux risques liés à un usage non éthique de leurs produits. Bien que le contrôle effectif de l'usage reste un défi à grande échelle, ces mesures ont au moins le mérite de sensibiliser les utilisateurs et de protéger juridiquement les entreprises contre des usages détournés ou abusifs de leurs technologies.

Les réponses aux enjeux de l'IA varient d'un pays à l'autre, mais partagent des préoccupations communes autour de la régulation, de l'innovation et de l'éthique. En investissant dans le développement des compétences, l'encadrement éthique et l'innovation industrielle, les pays s'efforcent de maximiser le potentiel de l'IA, tout en minimisant ses risques majeurs. L'évolution rapide de cette technologie nécessite une vigilance constante, une adaptation continue des cadres de gouvernance et une collaboration internationale pour garantir son utilisation responsable et bénéfique.

### III. L'intelligence artificielle au Maroc : entre avancées prometteuses et obstacles

L'enquête annuelle sur l'usage des technologies de l'information<sup>72</sup>, menée par l'ANRT, révèle que près d'un tiers des marocains déclarent avoir connaissance de l'IA et qu'un quart d'entre eux a déjà utilisé des outils basés sur cette technologie. La perception générale de l'IA est plutôt positive : seulement 3 % des répondants estiment que son impact est « pas du tout bénéfique » pour la société. Des événements récents, tels le GITEX Africa et le Forum de Haut niveau sur l'Intelligence Artificielle en collaboration avec l'UNESCO et le centre *AI Movement*, témoignent d'un intérêt croissant pour ce domaine.

#### **Encadré 6 : Extrait des réponses des participant.e.s sur la plateforme « Ouchariko »<sup>73</sup>**

- Plus des deux tiers des participant.e.s se disent informés : environ un quart (25,3%) se déclarent très bien informés et près de la moitié (46,5%) modérément informés.
- La majorité des participant.e.s estime que le potentiel de l'IA est prometteur pour améliorer le quotidien, avec 54,13% le jugeant très prometteur et 30,67% plutôt prometteur. En revanche, une minorité des participant.e.s considère que l'IA n'est pas prometteuse, avec 2,49% la trouvant peu prometteuse et 4,72% pas du tout prometteuse.

Cependant, malgré cette prise de conscience et ces initiatives prometteuses<sup>74</sup>, le développement de l'IA au Maroc se heurte à plusieurs contraintes. Ces obstacles ralentissent la pleine intégration de l'IA dans les différents secteurs et freinent l'émergence d'un écosystème technologique robuste à l'échelle nationale.

72 Enquête sur l'accès et l'usage des Technologies de l'Information et de la Communication par les individus et les ménages, ANRT, 2024

73 Annexe 3 : Résultats de la consultation citoyenne

74 Cf. initiatives « Al Khawarizmi », « Centre AI Movement » citées dans la partie « Faible volume de recherche en IA et manque de coordination avec les besoins industriels du pays »

### Absence de cadre réglementaire spécifique et insuffisante libération des données

Le Maroc n'a pas encore instauré de cadre réglementaire spécifique pour l'IA, bien qu'il ait posé les bases d'un écosystème numérique global influençant le développement et l'utilisation de cette technologie. En plus de la Constitution, notre pays est signataire de plusieurs conventions internationales portant sur les droits civils, la protection des données personnelles et la lutte contre la cybercriminalité. En outre, le Maroc s'est engagé à mettre en œuvre les recommandations de l'UNESCO concernant l'utilisation éthique de l'IA devant ainsi le premier pays africain et arabe<sup>75</sup> à le faire, ainsi qu'à la résolution des Nations Unies appelant à une IA sûre et digne de confiance dans le cadre du développement durable. Toutefois, ces engagements nationaux et internationaux peinent à se traduire en actions concrètes, en l'absence de mécanismes de gouvernance et de régulation spécifiques.

L'absence de cadre réglementaire adapté à l'IA pose un défi majeur pour l'évolution de cette technologie au Maroc<sup>76</sup>. En outre, l'insuffisante libération des données constitue un autre obstacle significatif. Bien que le droit d'accès à l'information soit inscrit dans la Constitution, la libération et la mise à disposition des données publiques reste limitée, et ce malgré l'entrée en vigueur de la loi 31-13 relative à ce droit<sup>77</sup>. L'avis du CESE paru en 2013 avait déjà mis en exergue l'importance de l'open data dans l'amélioration des services publics<sup>78</sup>. Une meilleure accessibilité et disponibilité des données s'avère cruciale pour favoriser le développement de l'IA.

### Accès limité aux incitations et insuffisance de soutien financier pour les startups en intelligence artificielle

Du côté des startups, malgré quelques réussites notables, le secteur demeure marginal. Ces entreprises font face à des obstacles identifiés dans l'avis du CESE intitulé «*Pour une politique d'innovation qui libère les énergies au service d'un nouveau modèle industriel*». Parmi ces obstacles figurent un environnement des affaires peu favorable, un accès limité au financement, ainsi qu'un manque de soutien structurel pour les startups en phase de croissance.

Le domaine de l'intelligence artificielle (IA) est identifié comme un métier d'avenir<sup>79</sup> dans la nouvelle charte d'investissement, qui prévoit des primes pour les projets liés aux technologies de pointe. Cependant, les critères actuels d'éligibilité, notamment la création de plus de 50 emplois stables<sup>80</sup> ou un investissement supérieur à 50 millions de dirhams pour bénéficier de primes plus élevées (jusqu'à 10 % du montant total d'investissement), apparaissent inadaptés aux spécificités des *startups* en IA. Ces jeunes entreprises, généralement de taille modeste et nécessitant des équipes spécialisées mais réduites, éprouvent des difficultés à atteindre ces seuils. De par leur nature, les *startups* en IA sont davantage orientées vers la recherche et le développement

---

75 <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000389744>

76 Audition du Ministère de transition numérique et de la réforme de l'administration, novembre 2023

77 <http://bdj.mmsp.gov.ma/Ar/Document/10355-la-loi-n-31-13-promulgu%C3%A9e-par-le-dahir-n-1-18-15.aspx?KeyPath=594/687/690/10355>

78 Avis du CESE « Open Data La libération des données publiques au service de la croissance et de la connaissance », 2013

79 Arrêté du Chef du gouvernement n° 3-12-23 du 8 chaabane 1444 (1er mars 2023) pris pour l'application des articles premier et 7 du décret n° 2-23-1 du 25 rejeb 1444 (16 février 2023)

80 Arrêté du Chef du gouvernement n° 3-13-23 du 8 chaabane 1444 (1er mars 2023) pris pour l'application de l'article 6 du décret n° 2-23-1 du 25 rejeb 1444 (16 février 2023) relatif à la mise en œuvre du dispositif de soutien principal à l'investissement et du dispositif de soutien spécifique applicable aux projets d'investissement à caractère stratégique.

technologique, et non vers la création rapide d'emplois massifs. Cette inadéquation restreint leur accès aux incitations financières prévues par la charte, les privant ainsi d'un soutien crucial lors des phases initiales de leur développement.

Bien que des fonds de financement existent dans notre pays, la majorité d'entre eux se concentrent sur les premières étapes de la création d'entreprise<sup>81</sup>, principalement l'amorçage. Parmi ces initiatives, il y a lieu de citer MNF Ventures<sup>82</sup>, lancé en 2010, qui a soutenu 28 startups. Ce fonds intervient en phase d'amorçage (entre 1 et 4 millions de dirhams) et en capital-risque (entre 4 et 10 millions de dirhams). Cependant, un déficit de financement persiste pour les phases ultérieures de développement des *startups*, comme les pré-séries A et les séries A.

Afin de répondre aux besoins de financement variés à chaque étape du développement des startups, un appel à manifestation d'intérêt a été lancé en 2024 par le Fonds Mohammed VI pour l'investissement, en collaboration avec le Ministère chargé de la transition numérique et la Caisse de Dépôt et de Gestion. Ces fonds, destinés à soutenir les entreprises innovantes, y compris celles spécialisées en intelligence artificielle, visent à répondre à la demande croissante de financement pour accompagner la croissance et l'expansion de ces startups à différents stades de leur développement.

### **Insuffisance de compétences en intelligence artificielle**

Le Maroc est confronté à une pénurie de compétences dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA), ce qui constitue un obstacle significatif à son développement. Le département ministériel en charge de l'Enseignement supérieur vise à augmenter significativement le nombre de lauréats formés annuellement dans le domaine du digital d'ici 2030<sup>83</sup>. Une des initiatives pour atteindre cet objectif inclut la généralisation progressive des formations en IA dans toutes les filières universitaires, afin de familiariser un plus grand nombre d'étudiants avec cette technologie. Toutefois, cette ambition se heurte à une difficulté majeure : le manque de formateurs qualifiés à tous les niveaux, un frein qui pourrait compromettre l'atteinte des objectifs fixés.

### **Faible volume de recherche en IA et manque de coordination avec les besoins industriels du pays**

En matière de recherche en IA, plusieurs initiatives ont émergé ces dernières années au Maroc. Parmi ces initiatives, il y a lieu de citer :

- Le programme «Al Khawarizmi», lancé en 2019 dans le cadre d'un partenariat entre le département en charge de l'enseignement supérieur, de la recherche scientifique, le département de l'industrie et du commerce, l'Agence de Développement du Digital (ADD) et le Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique (CNRST). Ce programme a financé 45 projets de recherche en IA avec un budget d'environ 50 millions de dirhams.

Le centre *AI Movement* à l'Université Mohammed VI Polytechnique (UM6P)<sup>84</sup>, qui conduit des recherches avancées en l'IA.

---

81 Avis du CESE « Pour une politique d'innovation qui libère les énergies au service d'un nouveau modèle industriel »

82 Actionnaires : Caisse Centrale de Garantie (fonds Innov Invest), Attijariwafa Bank, Banque Centrale Populaire, BMCE Bank et MITC, société gestionnaire des Technoparks.

83 Plan National d'Accélération de la Transformation de l'Écosystème de l'ESRI (PACTE ESRI 2030).

84 AI Movement a été récemment désigné centre de catégorie II en recherche IA par l'UNESCO.

- Les projets menés par des écoles d'ingénieurs, telles que l'ENSIAS<sup>85</sup> et l'EMI, qui travaillent également sur plusieurs initiatives liées à l'IA.

Cependant, ces projets de recherche demeurent fragmentés et déconnectés des besoins réels de l'industrie, faute d'une collaboration efficace entre le monde académique et industriel<sup>86</sup>. Cette fragmentation freine la capacité de l'écosystème à développer des solutions en IA adaptées aux priorités économiques et industrielles du Maroc. Sans coordination entre les chercheurs et l'industrie, ces projets peinent à produire un impact tangible et durable sur le développement industriel du pays, limitant par ailleurs la compétitivité des entreprises marocaines sur un marché global en constante évolution.

Les organisations professionnelles auditionnés<sup>87</sup> dans le cadre de cet avis indiquent avoir initié quelques tests, mais peu de projets concrets ont vu le jour. Les exemples identifiés concernent principalement des initiatives isolées dans le secteur bancaire, à la Caisse Marocaine des Retraites (CMR) et dans certaines régions. Bien que prometteurs, ces projets sont souvent portés par des initiatives individuelles et demeurent déconnectés des dynamiques au niveau sectoriel.

#### **Encadré 7 : utilisation de l'IA par la Caisse Marocaine des Retraites (CMR)**

La Caisse Marocaine des Retraites (CMR)<sup>88</sup> adopte une démarche stratégique pour intégrer l'intelligence artificielle dans ses opérations, et ce afin d'améliorer l'efficacité et la qualité des services. Deux applications concrètes sont déployées :

- Ciblage de la clientèle potentielle : pour le produit de retraite complémentaire Attakmili, réduisant le temps et l'effort pour identifier des prospects et orienter l'action commerciale.
- Gestion des placements financiers : un modèle de *machine learning* permet de suivre les cours du marché marocain et de prédire les prix des actifs, fournissant une analyse du sentiment du marché (positif/négatif, volatilité) pour chaque action, afin d'optimiser les décisions d'investissement.

L'absence d'une vision nationale partagée et coordonnée en IA et le manque de synergie entre les acteurs de la recherche et de l'industrie pourraient ralentir le développement d'un écosystème IA au Maroc. Cette situation pourrait limiter l'impact potentiel de l'IA sur les secteurs industriels et freiner son intégration dans l'économie nationale à une échelle plus large.

85 Voir annexe 4 – études sur l'IA réalisées par des chercheurs de l'ENSIAS: « Intelligence Artificielle et Traitement D'images Satellites pour la Prédiction du Rendement et le Suivi des Cultures Arboricoles : Cas d'un Verger d'agrumes » et « Application mobile intelligente pour reconnaître les maladies des feuilles de tomate à l'aide de réseaux de neurones convolutifs »

86 Avis CESE « Pour une politique d'innovation qui libère les énergies au service d'un nouveau modèle industriel », 2021

87 Atelier citoyen avec la CGEM, avril 2024

88 Audition de la CMR, janvier 2024

## IV. Nécessité pour le Maroc de se doter d'une stratégie nationale de l'IA

Partant de ce diagnostic partagé, le CESE appelle à mettre en place une stratégie nationale d'utilisation et de développement de l'IA alignée avec les ambitions économiques et sociales du pays et en adéquation avec l'impact de cette technologie sur la société.

L'ambition souhaitée est de bâtir un écosystème capable d'une part de favoriser une utilisation large de l'IA au niveau national et, d'autre part, de créer les conditions pour le développement d'une industrie nationale de l'IA d'ici 2030, encourageant la création et le développement de startups et d'entreprises innovantes avec le soutien des investissements nationaux et internationaux. Cet écosystème devrait développer des produits et services qui pourraient être exportés et assurer une utilisation éthique et responsable de l'IA dans tous les secteurs.

### **Encadré 8 : Extraits des réponses de la participation citoyenne « Ouchariko »<sup>89</sup>**

En ce qui concerne les mesures d'accompagnement pour encadrer l'utilisation de l'IA, les résultats sont les suivants :

- Renforcement de la gouvernance et du cadre éthique : 63,2%
- Sensibilisation et éducation du public à l'IA : 66,8%
- Soutien à la recherche et à l'innovation en IA : 66,1%
- Amélioration des infrastructures digitales : 59,6%

Pour 7,3% des participant.e.s estiment d'autres mesures pourraient être proposées, telles que la mise en place d'un cadre légal et réglementaire, le soutien au développement local et la mise en place de filets de protection sociale .

### Régulation et gouvernance

- Réviser la loi 09-08 relative à la protection des données personnelles afin qu'elle intègre valablement les exigences des données utilisées et générées par l'intelligence artificielle, tout en garantissant sa conformité avec les normes internationales.
- Définir un cadre juridique spécifique pour garantir une utilisation éthique et responsable des systèmes d'intelligence artificielle.
- Mandater une entité spécifique, multi-parties prenantes, placée sous l'égide du Chef du gouvernement, pour élaborer et piloter la stratégie nationale de l'IA. Cette entité veillerait à assurer une implémentation efficace de la stratégie nationale, tout en stimulant l'innovation et le renforcement des capacités en IA.
- Mettre en place des mécanismes efficaces pour se prémunir contre les risques associés à l'intelligence artificielle, en particulier ceux liés à l'IA générative comme les *deepfakes*,

89 Annexe 3 : Résultats de la consultation citoyenne

les cyberattaques, ainsi que les fraudes et le vol d'identité. Le Maroc pourrait à ce titre s'inspirer de la classification européenne (telle que mentionnée dans la loi EU-AI Act) pour le développement d'applications IA.

- Examiner la possibilité de rejoindre un groupement de pays (par exemple, la convention du Conseil de l'Europe sur l'intelligence artificielle) pour accroître le pouvoir de négociation de notre pays vis-à-vis des grandes entreprises technologiques.
- Œuvrer, en urgence, à réaliser une cartographie de l'impact des usages de l'IA et des risques de la non-utilisation de l'IA sur les métiers, les conditions de travail et les relations professionnelles et concevoir sur cette base, par le dialogue social et la négociation collective, des plans d'anticipation et d'accompagnement des reconversions professionnelles.
- Prévoir des plans d'accompagnement pour les entreprises dont l'activité serait menacée par l'IA.

## Données et infrastructures

- Améliorer et faciliter l'accès à des données précises, fiables et adaptées, tout en facilitant leur interopérabilité, notamment par la mise à disposition de données gouvernementales pour alimenter les applications de l'IA dans divers secteurs. Pour y parvenir, il est essentiel d'intensifier les efforts pour libérer les données publiques (*open data*) et d'améliorer leur gouvernance, afin de disposer des données nécessaires au développement d'applications de l'IA<sup>90</sup>.
- Organiser des campagnes de sensibilisation pour informer les institutions de l'importance stratégique des données dans l'entraînement des algorithmes d'IA et intensifier les efforts d'annotation de données (*data labelling*) pour mieux les valoriser.
- Prioriser l'usage du cloud pour tous les nouveaux projets gouvernementaux de systèmes d'information à l'échelle nationale et accompagner les administrations dans la migration de leurs systèmes existants vers le *cloud*.
- Déployer et accélérer l'adoption du *cloud* pour exploiter pleinement les capacités des applications d'intelligence artificielle, notamment celles nécessitant du calcul haute performance.
- Adopter un plan national d'urgence de réduction de la fracture numérique pour la couverture géographique fixe et mobile, offrant un accès internet haut débit et très haut débit de qualité à l'ensemble de la population.
- Améliorer la cybersécurité et la souveraineté numérique pour une transformation digitale responsable, pour une meilleure résilience des infrastructures, une confiance numérique forte et une fiabilité des informations.

---

90 Dans son avis intitulé « *Open Data : la libération des données publiques au service de la croissance et de la connaissance* », publié en 2013, le CESE formule des recommandations spécifiques pour renforcer l'accès et l'exploitation efficace des données publiques. Le CESE recommande que toutes les données éligibles au droit d'accès à l'information publique, à l'exception des restrictions constitutionnelles, soient systématiquement rendues disponibles via l'Open Data. Ces données devraient être anonymisées et publiées sans distinction de leur source, qu'il s'agisse d'administrations, de collectivités locales ou de services publics. Il insiste sur la nécessité de justifier publiquement les exceptions à la politique d'ouverture maximale. De plus, il préconise que la réutilisation des données soit libre mais encadrée par une licence qui garantisse les droits d'utilisation et de diffusion. Pour assurer l'alignement des pratiques avec ces principes, le CESE appelle à la révision des textes en vigueur afin d'éliminer les barrières administratives et de promouvoir une gouvernance qui soit à la fois ouverte et transparente.



## Investissement et financement

- Créer un fonds d'investissement public-privé dédié à l'innovation dans l'intelligence artificielle et les autres technologies numériques avancées. Ce fonds pourrait inclure des subventions, des fonds d'amorçage et du capital-risque, fournissant ainsi un soutien financier essentiel aux projets en IA. Il pourra ainsi servir les actions de recherche de développement et d'innovation et contribuer au lancement d'un programme de recherche en IA en y consacrant un budget solide compatible avec les ambitions du pays en IA et en ciblant un nombre limité de projets pour en maximiser l'impact. Le Fonds Mohammed VI notamment à travers les « fonds Startups» pourrait servir de plateforme à cet effet.
- Prévoir des incitations fiscales tel que le crédit impôt-recherche-innovation et des subventions directes au profit des entreprises, notamment les TPE et PME qui développent l'IA, l'utilisent pour améliorer leur productivité ou collaborent avec le secteur de la recherche en IA.
- Mobiliser la commande publique pour dynamiser l'écosystème d'intelligence artificielle.
- Adapter la charte d'investissement, notamment ses textes d'application, pour mieux répondre aux spécificités des startups en intelligence artificielle (IA), en révisant les critères d'éligibilité actuels.

## Capital humain

- Rattraper le manque de formateurs en intelligence artificielle en proposant aux profils scientifiques dans des disciplines connexes, notamment les mathématiciens, des formations spécialisées en IA afin qu'ils puissent l'enseigner. Le secteur privé pourrait s'inscrire dans cette dynamique en encourageant en facilitant le recours à des professionnels capables de dispenser des cours dans les universités publiques.
- Intégrer systématiquement la formation en intelligence artificielle dans l'offre éducative nationale et renforcer les programmes d'enseignement supérieur en IA dans les universités et les écoles spécialisées.
- Mettre en place un programme national de formation continue pour assurer une transition des travailleurs lors du déploiement de l'IA.
- Adapter la formation tout au long de la vie pour permettre aux travailleurs de développer les compétences en IA dont ils auraient besoin tout au long de leur carrière.

## Recherche, développement et innovation

- Prioriser les efforts de développement de solutions à base de technologies IA pour 2 ou 3 secteurs au maximum<sup>91</sup> pour éviter la dispersion des ressources : cette concentration pourrait

---

<sup>91</sup> Tous les secteurs sont concernés par l'IA et les outils qu'elle propose, et il est naturel que ces technologies soient adoptées dès que le besoin se fait sentir. Cependant, en termes d'innovation et de développement spécifiques, la transversalité de l'IA et la complexité des technologies impliquent qu'aucun pays ne peut prétendre adresser tous les secteurs de manière exhaustive. Le Maroc possède un réel potentiel pour le développement de solutions originales, comme en témoignent les travaux de recherche dans les universités et les projets menés par les start-ups.

prendre la forme de centres d'excellence régionaux en IA avec des domaines d'expertise complémentaires. L'éducation, la santé et l'agriculture pourraient être parmi ces secteurs. Une telle approche permettrait de mutualiser les ressources humaines et matérielles et d'aboutir à des résultats concrets, tout en contribuant à la création d'une industrie nationale de l'IA.

- Tirer parti des opportunités offertes par l'organisation des grands événements sportifs, notamment la Coupe d'Afrique des Nations (CAN) en 2025 et la Coupe du Monde en 2030 pour promouvoir les innovations en intelligence artificielle (IA) à l'échelle nationale. Il convient pour cela de former des consortiums entre acteurs publics, entreprises privées et universités pour sélectionner et soutenir des projets stratégiques qui auraient une valeur ajoutée économique, sociale et environnementale significative. Cette collaboration devrait encourager le développement de technologies IA durables, bénéfiques pour divers secteurs comme le tourisme, la logistique, le transport, la sécurité et le sport.
- Promouvoir la collaboration entre les universités et centres de recherche en IA qui se développent actuellement pour mutualiser leurs efforts et fédérer les objectifs, en particulier pour accélérer la production de solutions dans des secteurs identifiés comme prioritaires. Encourager la collaboration avec les chercheurs marocains résidant à l'étranger.
- Encourager la recherche sur l'intelligence artificielle dans toutes les disciplines à l'université, sans occulter les sciences sociales et humaines, compte tenu de l'impact de l'IA, non seulement technologique, mais également économique, juridique ou sociétal.

## Pour un usage généralisé de l'IA

- Encourager l'usage raisonné d'outils IA dans tous les secteurs, aussi bien publics que privés. Dans ce cadre, élaborer un plan d'encouragement de l'usage de l'IA par les PME/TPE aussi bien en termes de formation qu'en termes d'accès à des ressources financières, matérielles, logicielles et de formation.
- Développer un modèle de langage souverain (*données en darija*) pour améliorer l'inclusion numérique en permettant à tous les citoyens, quel que soit leur niveau d'éducation, de participer activement aux interactions numériques et étendre ainsi l'accès à l'IA à l'ensemble de la population.
- Déployer des campagnes de sensibilisation et de communication sur les apports et les risques de l'IA auprès de l'ensemble de la population et des institutions publiques et privées en adaptant à chaque fois les messages en fonction de la cible (enfants, jeunes, femmes, milieu rural, etc.)<sup>92</sup>.

---

<sup>92</sup> Le CESE recommande de « mettre en place par l'État et les médias professionnels, en partenariat avec les universités, de programmes de recherche et de développement d'outils technologiques de veille et de lutte contre la propagation des fake news en s'appuyant notamment sur l'intelligence artificielle ». Avis du CESE « Les fake news, de la désinformation à l'accès à une information avérée et disponible », 2023



## Annexes

### Annexe 1 : Liste des membres de la commission chargée de la société du savoir et de l'information

<b>Président de la Commission</b>	Abaddi Ahmed
<b>Rapporteur de la thématique</b>	Mounir Alaoui Amine
<b>Membres</b>	Adnane Abdelaziz Ayouch Nabil Hikmet Bahanniss Ahmed Belarbi Larbi Benhamza Mustafa Benjelloun Othman Benjelloun Tahar Benkaddour Mohammed Bensalah Chaqroun Meriem Benseddik Fouad Benwakrim Latifa Berbich Laila Bouzaachane Ali (décédé en novembre 2023) Deguig Abdallah El Moatassim Jamaa Hansali Lahcen Hatchuel Armand Ilali Idriss Iouy Abdelaziz Khlafa Mustaphae Sasson Albert Sefrioui Saâd Wakrim Mohamed (décédé en février 2024) Zoubeir Hajbouha

<b>Expert permanent du Conseil</b>	Charar Mohamed Amine
<b>Experts permanents chargés de la traduction</b>	Lassaoui Brahim
	Satane Youssef

## Annexe 2 : Liste des acteurs auditionnés

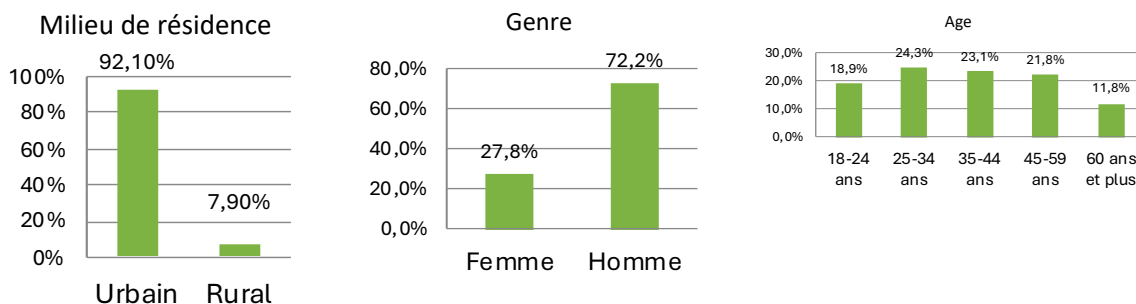
<b>Ministères</b>	Ministère de la transition numérique et de la réforme de l'administration
	Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de l'Innovation
	Ministère de l'Industrie et du Commerce
<b>Entreprises Privées</b>	Microsoft
	Intelcia
	Intellcap
	AI Crafters
	Dial Technologies
<b>Organismes publics</b>	CMR
	Pôle Digital de l'Agriculture, de la Forêt et Observatoire de la Sécheresse
<b>Universités</b>	Atelier avec des chercheurs d'institutions universitaires (EMI, ENSIAS)
<b>Experts</b>	Mohamed Cherkaoui, Chancelier et vice-président de la recherche de Long Island University, Etats Unis
	Amal El Fallah, Présidente d'AI Movement - Université Mohammed 6 Polytechnique
	Armand Hatchuel, Professeur aux Mines Paris-Tech/PSL Research University, membre du Conseil Economique, Social et Environnemental du Maroc
	Maha Gmira, Experte de l'IA auprès du Programme des Nations unies pour le développement
	Mohammed Khalil, Co-fondateur de Morocco AI, Professeur à la Faculté de Sciences et Techniques de Mohammadia- Université Hassan II de Casablanca

## Annexe 3 : Résultats de la consultation citoyenne

Dans le cadre de l'autosaisine sur « quels usages et quelles perspectives de développement de l'intelligence artificielle au Maroc ? », le CESE a initié une consultation citoyenne à travers sa plateforme « Ouchariko » et ses divers réseaux sociaux entre le 8 mai 2024 et le 10 juin 2024, pour recueillir les avis et les perceptions des citoyen(ne)s concernant l'intelligence artificielle. Le nombre de personnes qui ont interagi avec le sujet est de 1.866.206 dont 806 participant.e.s au questionnaire et 137 commentaires postés.

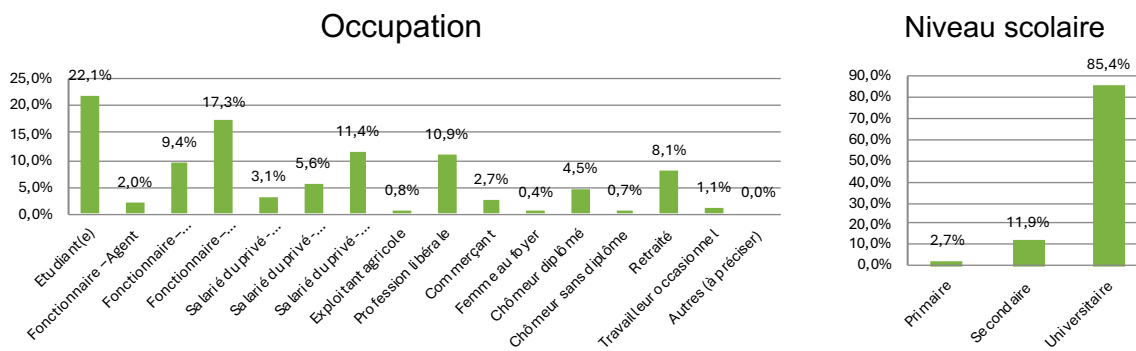
### Profils des participant.e.s

Les participant.e.s à la consultation (Graphique 1) représentent majoritairement une population citadine (92,1%), tandis que la population rurale ne représente que 7,9%. En termes de répartition par genre, le nombre d'hommes ayant répondu au questionnaire (72,2%) est nettement supérieur, triplant presque celui des femmes (27,8%). La population des répondants est répartie de trois tranches d'âge majeures : 25-34 ans (24,3%), 35-44 ans (23,1%) et 45-59 (21,8%). Le reste des répondants se répartit entre les tranches d'âge suivantes : 15-24 ans (18,9%), 60 ans et plus (11,8%).



Graphique 1 : caractéristiques du groupe de répondants

L'échantillon des répondants est constitué majoritairement de cadres supérieurs privés et publics (28,7%), d'étudiants (22,1%) et de professions libérales (10,9%). Les répondants ont un niveau universitaire en majorité (85,4%), ils ne sont que 11,9% à avoir un niveau secondaire et 2,7% à avoir un niveau primaire.



Graphique 2 : occupation et niveau scolaire des participants



Pour d'autres participants, l'IA rappelle l'internet à ses débuts :

«كيف ما قيل عن الانترنت في بدايتها يقال عن هذا الاختراع ايضا هناك ايجابي وسلبى والحياة سائرة»

Cependant, certains participants manquent de clarté sur ce qu'est l'intelligence artificielle. Voici quelques-unes de leurs perceptions :

- Réduire l'IA au statut d'un simple réservoir d'information sans évoquer ses capacités d'analyse ou d'apprentissage.

«الذكاء الاصطناعي .. بل اعد له صيغة الاسم الحقيقي .. إلا وهو خزان .. لتجارب .. أو المعلومات.»

- Conclure hâtivement que cela relève seulement de la paresse :

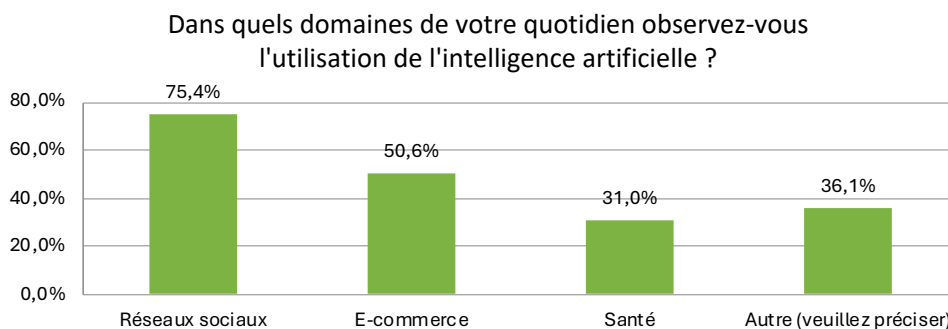
«أسمه (#لعكز) باختصار المفهوم القديم »

- Sous-estimer ses évolutions, en considérant qu'il s'agit seulement de spéculations

«الذكاء الصناعي مجرد تكهنات»

En termes d'application quotidienne de l'IA (graphique 5), les réseaux sociaux se distinguent nettement, avec 75,4 % des mentions, suivis par l'e-commerce à 50,6 %. Le secteur de la santé, évoqué par seulement 31 % des participants, révèle une perception d'une adoption plus restreinte de l'IA. Par ailleurs, 36 % des participants ont également identifié d'autres domaines d'utilisation de l'IA:

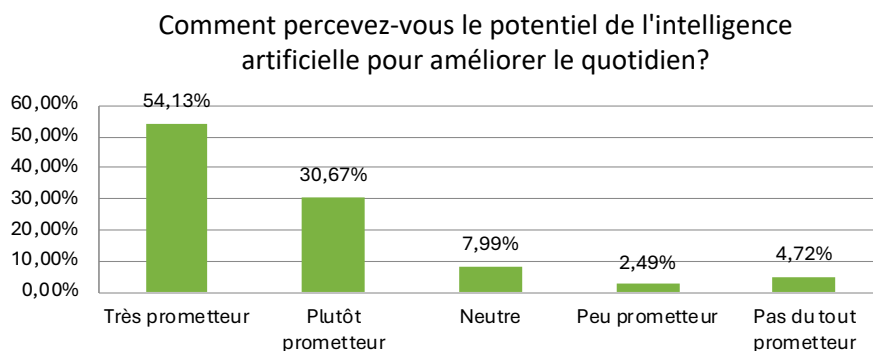
- L'éducation, l'enseignement et la recherche dominant, mettant en lumière l'intérêt accru pour les applications de l'IA dans l'académie.
- Le secteur des technologies de l'information est également fortement représenté, illustrant l'importance grandissante de l'IA dans ces technologies.
- L'industrie, l'ingénierie, et le marketing/commerce sont aussi significativement mentionnés, soulignant le rôle crucial de l'IA dans l'optimisation des processus industriels et commerciaux.



Graphique 5 : domaines du quotidien où l'IA est observée

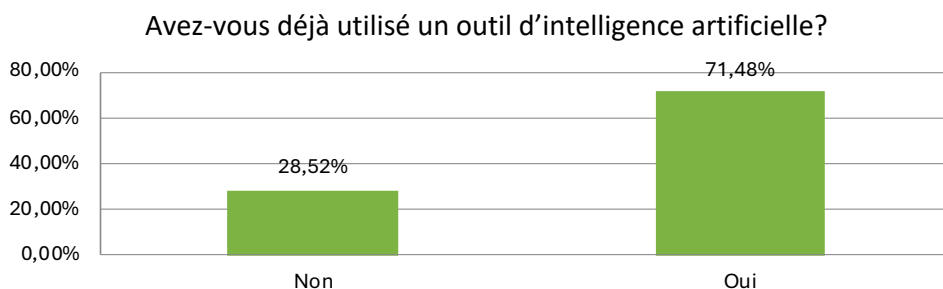
La majorité des participants perçoit un fort potentiel dans l'IA pour améliorer le quotidien (graphique 6), avec 54,13 % estimant ce potentiel très prometteur et 30,67 % le jugeant plutôt prometteur. Près de 8 % (7,99 %) des participants restent neutres quant à l'impact de l'IA. En revanche, une minorité considère l'impact de l'IA peu prometteur (2,49 %) ou pas du tout prometteur (4,72 %).





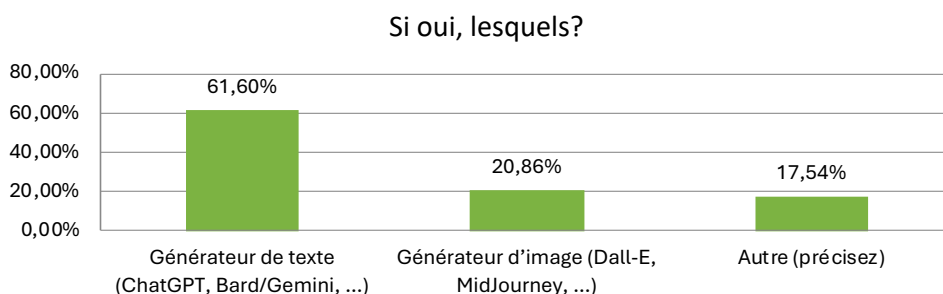
Graphique 6 : Perception du potentiel de l'IA pour améliorer le quotidien

En outre, la majorité des participant.e.s (71,48 %) a déjà utilisé un outil d'IA, tandis que 28,52 % n'ont jamais eu recours à ces technologies (graphique 7).



Graphique 7 : Utilisation des outils de l'IA

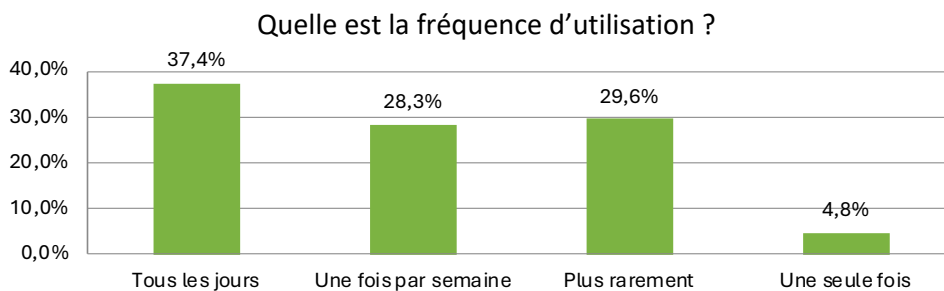
Parmi ceux ayant utilisé l'IA (Graphique 8), une majorité (61,60 %) a employé des générateurs de texte tels que *ChatGPT* ou *Bard/Gemini*. Uniquement 20,86 % ont utilisé des générateurs d'images comme *DALL-E* ou *MidJourney*. Les 17,54 % restants ont exploré une variété d'outils, allant des générateurs de texte aux outils de traduction, incluant également des plateformes de recherche académique, de synthèse vocale et vidéo, ainsi que des solutions IA développées en interne.



Graphique 8 : outils d'intelligence artificielle utilisés

Les participants à la consultation du CESE sur les réseaux sociaux n'ont toutefois pas mentionné d'outils d'intelligence artificielle. Leurs remarques reflètent des idées préconçues ou des discussions générales plutôt que des expériences directes avec des outils d'intelligence artificielle.

De surcroît, plus de la moitié des répondants utilisent l'IA au moins une fois par semaine, avec 37,4 % l'utilisant quotidiennement et 28,3 % hebdomadairement (Graphique 9). Moins d'un tiers des participants font appel à l'IA de manière plus sporadique (29,6 %) ou l'ont expérimentée une seule fois (4,8 %).



Graphique 9 : Fréquence d'utilisation des outils de l'IA

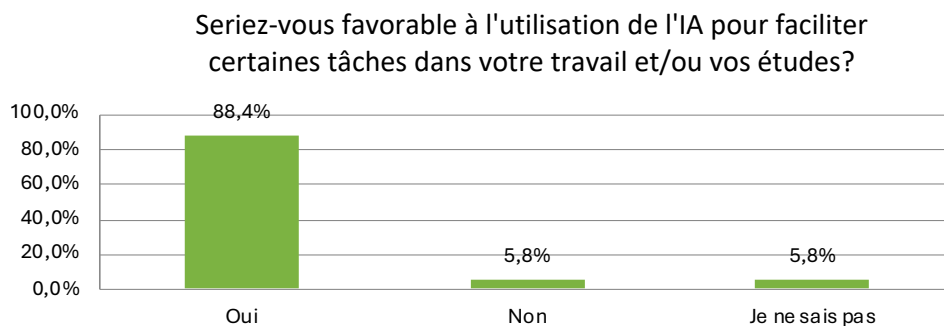
L'adoption de l'intelligence artificielle pour simplifier diverses tâches professionnelles ou académiques a reçu un accueil favorable de la part de 88,4 % des participant.e.s (Graphique 10). En revanche, une minorité de 5,8 % y est opposée, et un autre 5,8 % demeure indécis à cet égard.

Certains participants à la consultation du CESE sur les réseaux sociaux soutiennent l'utilisation de l'IA pour transformer les idées en réalité :

«الذكاء الصناعي قد يساعدك في انجاز فكرة التي كانت عندك ولم تستطع أن تخرج إلى الوجود»

D'autres pensent au contraire que l'IA n'apporte rien au pays :

«لن ينفعنا في شيء بل سيجعل مجتمعا غبيا بدرجة اكبر من المعتاد»



Graphique 10 : L'utilisation de l'IA pour faciliter certaines tâches du travail et/ou des études

Concernant les secteurs qui bénéficieront le plus des apports de l'IA (Graphique 11), les résultats montrent que l'éducation arrive en tête avec 80,6%, suivie des services publics (70,7%), de la santé (65,7%), de l'industrie (67,5%), de l'agriculture (55,0%) et des secteurs de l'eau et de l'énergie (51,5%).

De plus, 19,5% des participant.e.s estiment que d'autres secteurs pourraient également bénéficier de l'apport de l'IA, notamment l'informatique et les télécommunications, la sécurité et la cybersécurité, la finance et la banque, la recherche scientifique, le transport et la logistique, le droit et la justice, ainsi que le tourisme et les arts, médias et communication.

Les participants à la consultation du CESE sur les réseaux sociaux ont également proposé plusieurs applications potentielles de l'IA dont on peut citer l'assistance juridique et financière :

« En entraînant des IA qui peuvent répondre aux questions juridique et financière selon la loi et les réglementations marocaine, les gens ignore toujours leurs droits et leurs obligations à cause du manque de communication, et des ressources d'informations facile d'accès »

Certains ont proposé la transformation digitale de l'administration et l'amélioration des services publics :

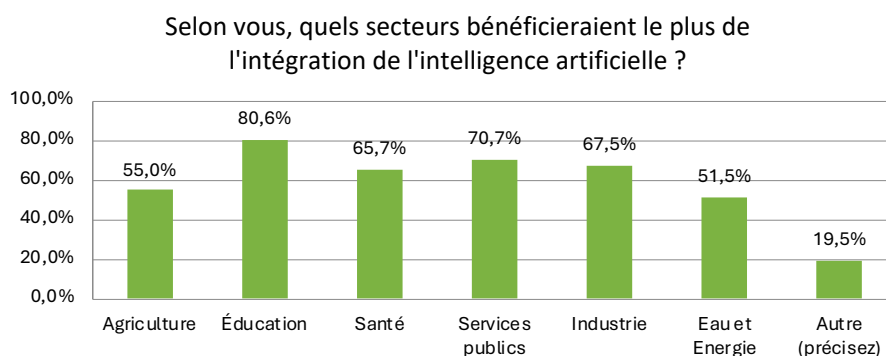
« تحويل المؤسسات العمومية إلى رقمية كما في دولة قطر »

La santé, l'éducation et l'inclusion sociale ont été cités par d'autres participants :

« احسن حاجة يساعد الناس ذوي الاحتياجات الخاصة »

« سيفكر - هذا الذكاء الاصطناعي- في العجزة و الارامل و ذوي الاحتياجات الخاصة، كما سيهتم بجودة التعليم و الصحة »

« سيساعد في التعلم السريع و التعليم و الابتكار »



Graphique 11 : Les secteurs qui bénéficieraient le plus de l'intégration de l'intelligence artificielle

En ce qui concerne les mesures d'accompagnement pour encadrer l'utilisation de l'IA (Graphique 12), les résultats sont les suivants :

- Renforcement de la gouvernance et du cadre éthique : 63,2%
- Sensibilisation et éducation du public à l'IA : 66,8%
- Soutien à la recherche et à l'innovation en IA : 66,1%
- Amélioration des infrastructures digitales : 59,6%

7,3% des participant.e.s estiment d'autres mesures pourraient être proposées, telles que la mise en place d'un cadre légal, le soutien au développement local et la mise en place de filets de protection sociale :

« Préparer les filets de sécurité quant aux conséquences de L'IA sur le marché de l'emploi, sur l'humain et le social. »

Les participants sur les réseaux sociaux sont partis vers le même sens. Ils ont préconisé la gouvernance comme mesure d'accompagnement :

« إذا سايرنا تطور هذه التقنية بالحكمة المناسبة . يمكننا بما لا شك فيه في بناء حاضر ومستقبل غني بالفائدة علينا »

وعلى الأجيال القادمة . مربط الفرس هنا هي الحكامة المناسبة لا على مستوى البرمجة والتصميم وعلى مستوى نطاق الاستخدام»

L'encadrement de l'IA est aussi primordial:

« This intelligence must be framed otherwise we will find serious problems in the future »

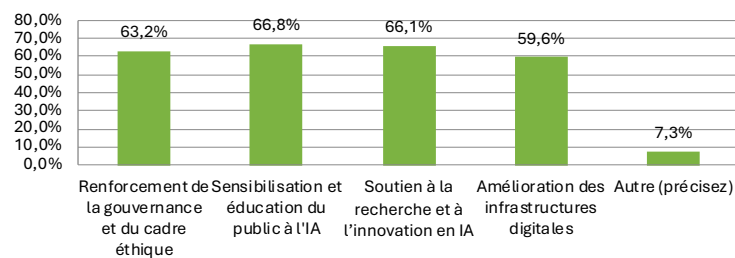
La formation aux nouvelles technologies est essentielle afin de préparer les experts dans ce domaine :

«الذكاء الاصطناعي يحتاج لتعليم قوي في المعلومات ليس الهاتف فقط هناك حواسب متطورة وتقنيات حديثة في هذا المجال نهيك عن المشاكل التي نسمعها من خبراء في التكنولوجيا»

«يجب التفاني و تكثيف التكوينات في المجال حتى نقلص من الاضرار التي قد تتجم عن ذلك الذكاء الاصطناعي»

Pour certains participant.e.s , le manque d'infrastructures matérielles et de capital humain en relation avec l'intelligence artificielle indique qu'il est nécessaire de redoubler d'efforts dans ces domaines.

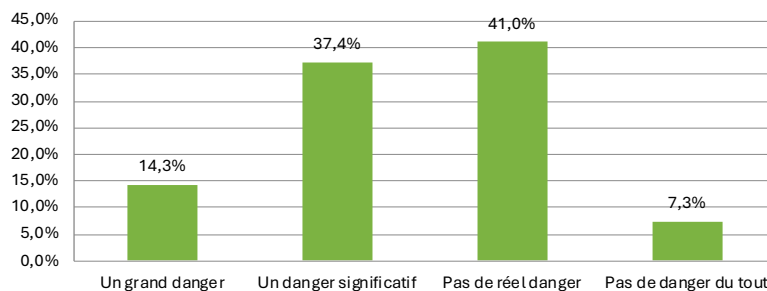
Quelles mesures d'accompagnement jugez-vous nécessaires pour encadrer l'utilisation de l'intelligence artificielle dans la société ? (deux choix possibles)



Graphique 12 : Les mesures d'accompagnement nécessaires pour encadrer l'utilisation de l'intelligence artificielle dans la société

Concernant la perception du risque potentiel de l'intelligence artificielle pour l'humanité, les opinions sont divisées (Graphique 13). Plus de la moitié des participant.e.s perçoivent l'IA comme une menace, dont 14,3% la qualifient de grand danger. Toutefois, une proportion légèrement inférieure, 48,3%, ne la perçoit pas comme dangereuse, estimant qu'elle ne constitue pas un réel danger ou qu'elle est totalement inoffensive.

Pensez-vous que l'utilisation de l'intelligence artificielle présente un danger pour l'être humain ?



Graphique 13 : Le danger potentiel de l'utilisation de l'intelligence artificielle pour l'être humain

En ce qui concerne les participants à la consultation du CESE sur les réseaux sociaux, plusieurs ont évoqué le potentiel destructeur de l'IA sur l'être humain et sur son travail :

«الذكاء الاصطناعي هو الدمار الشامل و الخراب للمجتمعات البشرية حول العالم أنا أعارضه بشدة»

«الذكاء الاصطناعي سيدمر المنظومة البشرية بسبب البطالة»

Certains, au contraire, voient l'IA non comme une menace, mais comme un besoin essentiel pour l'humanité :

«الذكاء الاصطناعي بنسبة للبشرية ضرورة مهمة (...). يمكن أن يساهم في العديد من المشاريع التنموية الضرورية ذات بعد مستقبلي في مختلف المجالات»

#### Annexe 4 : Etudes sur l'IA réalisées par des chercheurs de l'ENSIAS

Deux études de cas dans le domaine des applications de l'IA au domaine de l'agriculture ont été proposées par l'ENSIAS : le premier est le descriptif d'une thèse sur « Intelligence Artificielle et Traitement D'images Satellites pour la Prédiction du Rendement et le Suivi des Cultures Arboricoles : Cas d'un Verger D'agrumes », le deuxième est un article la reconnaissance des maladies des feuilles de la tomate.

**Etude de cas 1: « intelligence artificielle et traitement d'images satellites pour la prédiction du rendement et le suivi des cultures arboricoles : cas d'un verger d'agrumes »<sup>93</sup>**

##### Introduction et problématique :

En 2008, le Maroc a adopté le Plan Maroc Vert dont l'objectif a été de faire de l'agriculture un des moteurs de croissance de l'économie nationale. C'est une stratégie qui adopte une approche de chaîne de valeur, de la production jusqu'à la commercialisation. En particulier pour les grumes, le Maroc est considéré comme le 3<sup>ème</sup> exportateur mondial de petits fruits d'agrumes<sup>1</sup>.

La production d'agrumes est une activité qui nécessite un suivi particulier pour garantir un bon rendement en termes de qualité et de quantité. Une irrigation optimale, un suivi rigoureux des maladies en vue d'initier les traitements phytosanitaires nécessaires, une fertilisation adéquate des sols chaque année, ainsi qu'une taille appropriée des arbres, sont autant d'aspects essentiels. Ces éléments influencent directement le rendement des arbres. De plus, divers facteurs externes, comme la nature du sol, le porte-greffe, le climat et la variété des agrumes et d'autres, contribuent également à cette dynamique de production.

Au Maroc, l'un des principaux pays producteurs d'agrumes, l'amélioration de la récolte et le suivi de l'état des arbres sont parmi les principaux défis pour les agriculteurs. Différentes données peuvent être collectées dans le domaine agricole, à savoir des données climatiques (les précipitations, la température et l'humidité, etc.), des données de suivi des parcelles (les produits de fertilisation, les produits de traitement phytosanitaire, la quantité d'eau, etc.) ainsi que des données directement liées aux parcelles (le nombre d'arbres, l'âge et la taille des arbres, le porte-greffe, la variété d'agrumes, etc.). En plus de ces modalités, des indicateurs spectraux peuvent être extraits à partir du traitement des images spectrales (indices de végétation, les indices de stress hydrique, etc.) pour le suivi des agrumes.

Malgré cette diversité de données, la question principale qui se pose est : Quelles sont les modalités les plus pertinentes à exploiter et comment les combiner afin que des systèmes d'IA

<sup>93</sup> Auteur : M. Abdellatif MOUSSAID, Superviseur : Prof. Sanaa El FKIH, Rabat IT Center - Laboratoire ADMIR Équipe IRDA, ENSIAS, UM5R, Projet : Imagerie Satellite Data Mining et Applications Agricoles (ISA)

puissent être mis en place pour fournir des prédictions permettant d'améliorer ce domaine ?

### **Objectifs de la thèse :**

L'objectif de cette thèse est de développer des modèles d'IA et de traitement d'images satellites pour :

- Classification des arbres par taille de canopée.
- Prédire le rendement d'une parcelle d'agrumes (avant la période de la collecte)

Et ce en combinant les données du terrain avec des informations spectrales extraites à partir des images satellites

### **Description de l'exploitation de la composante IA dans le travail :**

La composante IA dans ce travail est exploitée à travers le développement de modèles prédictifs pour répondre aux objectifs du travail.

#### **- Classification des arbres par taille de canopée :**

Dans la première partie de thèse, nous avons mis en place un système de classification des arbres d'une parcelle condensée en trois catégories : arbres à grande canopée, arbres à canopée normale et arbres à faible canopée ou manquants. Le système repose sur une première phase de traitement d'une image satellite à haute résolution spatiale (0,5 m minimum), utilisant un apprentissage non supervisé, plus précisément l'algorithme K-means pour segmenter les pixels de l'image et identifier ceux qui représentent les arbres. Ce résultat est combiné avec un deuxième traitement de l'image basé sur la télédétection, en particulier par l'extraction de l'indice NDVI qui permet de sélectionner uniquement les pixels représentant les arbres et l'herbe dans la parcelle. Cette combinaison nous permet d'éliminer les herbes qui ne sont pas des arbres, ainsi que de corriger les erreurs de segmentation des pixels. Après le traitement des images, nous avons développé un algorithme de classification semi-automatique qui détecte exactement la localisation des arbres et contourne la canopée de chaque position d'arbres à partir des pixels obtenus par le premier traitement de l'image.

#### **- Prédiction du rendement d'une parcelle d'agrumes :**

Dans cette partie, nous avons développé deux modèles de prédiction du rendement basés sur une combinaison de données terrain et de données satellitaires : Le premier modèle est basé sur des algorithmes de machine Learning, et le deuxième basé sur le *deep Learning* :

Pour le premier modèle, un jeu de données composé de 216 facteurs et 250 échantillons a été pré-préparé, et nous avons testé différents algorithmes de machine Learning (algorithmes linéaires, arbre de décision, algorithmes d'ensemble Learning, ...). Tous les algorithmes ont été optimisés grâce à l'algorithme *Grid-Search*, et le test a été effectué par une validation croisée afin deux mois avant la récolte. Par ailleurs, nous avons étudié la pertinence des différents facteurs afin d'aider et faciliter le travail de l'agriculteur qui désire améliorer sa récolte.

Pour le deuxième modèle, nous avons développé un réseau de neurones artificiels qui prend en entrée les données terrain et des images spectrales. Le modèle a été testé sur 5 parcelles pendant 5 années d'étude. Ces données de test sont totalement séparées de l'ensemble de données afin d'obtenir des résultats fiables et confiants.

### **Résultats :**

Pour le premier objectif, nous avons obtenu un score de 0,93 (F-mesure) en segmentation, et les résultats sont visualisés dans une carte contenant tous les arbres avec leurs classes. Une validation sur le terrain a été réalisée par une comparaison entre les cartes obtenues et la réalité terrain.

Pour le deuxième objectif, la prédiction par machine Learning a donné un score de 0,2489 (MAE) et 0,0843 (MSE). Par ailleurs, une comparaison individuelle de chaque parcelle a démontré un score moyen de 16% dans la totalité des parcelles utilisées pour le test.

Pour le modèle *deep Learning*, nous avons obtenu un score de 0,0458 (MSE) et 0,1450 (MAE). De plus, une comparaison individuelle de chaque parcelle a donné un score moyen de 10% dans la totalité des parcelles utilisées pendant 5 ans de test.

### **Apport par rapport à l'existant :**

L'apport du premier objectif du travail : nous avons obtenu un score de segmentation de 93% à partir d'images satellite. Nous avons ainsi proposé une nouvelle approche de classification des arbres par taille de canopée, en mettant particulièrement l'accent sur les vergers avec arbres très condensés, un aspect qui n'a pas été traité auparavant.

L'apport du deuxième travail réside dans la prédiction du rendement des parcelles d'agrumes deux mois avant la récolte, et avec un meilleur score que les travaux existants. De plus, nous avons développé un nouveau réseau de neurones conçu pour prédire le rendement des parcelles d'agrumes fondé sur une fusion de modalités (il prend en entrée des images satellites en combinaison avec des données numérique).

### **Retombées économiques :**

L'impact économique de cette thèse peut être présenté sous plusieurs aspects. Dans le cas de l'agriculture arboricole, en détectant efficacement les anomalies telles que les arbres malades, manquants ou soumis à un stress hydrique. Notre système permet d'optimiser les ressources en offrant un suivi individuel de chaque arbre. Cela se traduit par une gestion plus efficace des intrants agricoles tels que l'eau, les engrais et les produits phytosanitaires, contribuant ainsi à améliorer la production.

De plus, la prédiction du rendement est un grand défi pour les agriculteurs, car cela permet d'avoir une idée sur leur rendement avant la récolte, minimisant ainsi les pénalités après la vente de la récolte et/ou évitant la perte de la récolte. Cela influence directement et financièrement sur la production ainsi que l'import/l'export des agrumes de manière significative, aussi bien pour les agriculteurs que pour le pays.

### Retombées sociales :

L'impact social de cette thèse est significatif. En offrant aux agriculteurs un outil pour prédire le rendement des agrumes, notre système contribue à améliorer leur sécurité financière. Et cela permet de préserver les emplois dans le secteur agricole en garantissant des rendements stables et en évitant les pertes économiques dues à une mauvaise planification.

De plus, notre système offre une solution précieuse pour relever les défis sociaux liés à la sécurité alimentaire et à la santé publique. En améliorant la productivité et la qualité des cultures, il contribue à garantir un approvisionnement constant en agrumes. Cela favorise également la réduction de la dépendance aux importations alimentaires et renforce la souveraineté alimentaire du pays.

En outre, notre système encourage l'adoption de technologies innovantes dans le secteur agricole, contribuant ainsi à la modernisation de l'agriculture et à l'amélioration des compétences des agriculteurs. Cela ouvre la voie à une transition vers une agriculture plus durable et respectueuse de l'environnement, en encourageant l'utilisation efficace des ressources naturelles et la réduction des impacts environnementaux négatifs.

### Projet ISA (Imagerie Satellite Data Mining et Applications Agricoles) :

Le projet ISA bénéficie d'un financement de l'Académie Hassan II des sciences et techniques, dans le cadre d'un appel à projets. Les partenaires impliqués dans ce projet sont la fondation MASCLR (*Moroccan Foundation for Advanced Science Innovation and Research-Rabat*), l'ENSIAS (École Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes- Rabat), l'IAV (Institut Agronomique et Vétérinaire- Rabat), l'HBRS (*Hochschule- Bonn-Rhein-Sieg Allemagne*) et les Domaines Agricoles.

### Références :

<https://www.agriculture.gov.ma/fr/programme/exportation>

**Etude de cas 2: "Smart mobile application to recognize tomato leaf diseases using Convolutional Neural Networks"<sup>94</sup>**

### Introduction

Despite worldwide efforts to reduce plant loss and improve food security, plant diseases still account for over 20% of crop losses. Pollution and climate change have exacerbated the severity of this problem during the last decade. Farmers now use plant disease databases and phone consultations with local pathologists instead of sending plants to diagnostic laboratories for treatment recommendations. Several papers have used standard CNN design architectures for plant disease detection, including SqueezeNet, ResNeXt, ResNet, NiN, GoogLeNet, VGGNet, ZFNet, AlexNet, and others. Several strategies and applications have been developed to prevent crops loss due to disease. Several approaches, including Convolutional Neural Networks (CNNs), have been developed for identifying plant illnesses, particularly in tomatoes. All related approaches need significant computing resources. For example, [1] presented an intelligent warning system for disease-pest detection in fruit melon, whereas [2] employed CNNs to

---

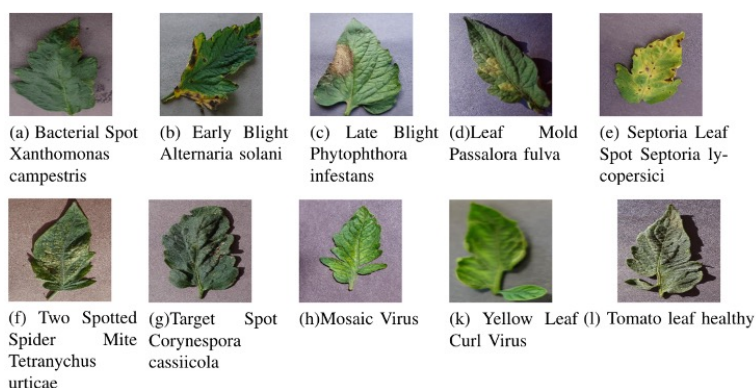
94 Azeddine Elhassouny, ENSIAS, Mohammed V University in Rabat, Florentin Smarandache, University of New Mexico, USA



construct a comprehensive diagnostic system for all viral infections in cucumbers. Furthermore, [3] employs AlexNet and GoogleNet assisted-CNN models to detect 14 crop species and 26 diseases. A collection of 7176 photos of healthy and healthy plant leaves was utilized. To overcome the intricacy of the analysis and make it more accessible internationally, and inspired from the MobileNet architecture, we created a smartphone application, that identifies ten distinct tomato leaf diseases using the Quantized CNN-aided model. Previous smart systems rely on deep CNNs, making them only suitable for computer usage. It is worthwhile to mention that there is no similar smart smartphone application that has been developed so far.

### Considered diseases

The following image displays the 10 various diseases that our application will detect.



Specifically, the 7176 dataset’s images are imbalanced in distribution across the 10 diseases. The considered number of images per disease is outlined in Table 1. A portion of this dataset is devoted to training, while the remainder is for testing. It is worthwhile to mention that the learning rate has been adjusted in order to enhance the overall accuracy. Nevertheless, the training step duration takes longer. Though, the choice of such a parameter is crucial to maintain a certain trade-off between accuracy and time complexity.

Class(disease type)	Number of images
Bacterial Spot Xanthomonas campestris	793
Early Blight Alternaria solani	406
Late Blight Phytophthora infestans	727
Leaf Mold Passalora fulva	361
Septoria Leaf Spot Septoria lycopersici	735
Two Spotted Spider Mite Tetranychus urticae	721
Target Spot Corynespora cassiicola	548
Mosaic Virus	140
Yellow Leaf Curl Virus	2101
Tomato leaves healthy	644
Total	7176

TABLE I  
IMAGES NUMBER OF EACH CLASS

### Results:

Several optimization methods have been employed including (i) Stochastic gradient descent, (ii) Adagrad, (iii) Adam, (iv) Proximal Gradient Descent, and (v) Proximal Adagrad. The obtained accuracy varies between 88.3% and 89.2%. This latter is corresponding to the Proximal Gradient Descent algorithm.

### References

- [1] W. Tan, C. Zhao, and H. Wu, "Intelligent alerting for fruit-melon lesion image based on momentum deep learning," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 75, no. 24, pp. 16741-16761, 2016.
- [2] E. Fujita, Y. Kawasaki, H. Uga, S. Kagiwada, and H. Iyatomi, "Basic investigation on a robust and practical plant diagnostic system," in *2016 15th IEEE Intern. Conf. Machine Learning and Applications (ICMLA)*, 2016, pp. 989–992.
- [3] S. P. Mohanty, D. P. Hughes, and M. Salathe, "Using deep learning for image-based plant disease detection," *Frontiers in Plant Science*, vol. 7, 2016.





## Conseil Economique, Social et Environnemental

1, angle rues Al Michmich et Addalbout, Secteur 10, Groupe 5  
Hay Riad , 10 100 - Rabat - Maroc

Tél. : +212 (0) 538 01 03 00 Fax +212 (0) 538 01 03 50

Email : [contact@cese.ma](mailto:contact@cese.ma)