



HAL
open science

IA et Afrique : quel développement ?

Didier Bassolé, Claude Lishou, Sadouanouan Malo, Sere Abdoulaye, Yaya Traore, Alain Mille

► To cite this version:

Didier Bassolé, Claude Lishou, Sadouanouan Malo, Sere Abdoulaye, Yaya Traore, et al.. IA et Afrique : quel développement ?. Colloque Intelligence Artificielle et Innovation Sociale, Jun 2021, Bordeaux, France. hal-03256079

HAL Id: hal-03256079

<https://hal.science/hal-03256079v1>

Submitted on 10 Jun 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

IA et Afrique : quel développement ?

Didier Bassolé (Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou), [Claude Lishou (Université Cheikh Anta Diop, Dakar & CAMES)], Sadouanouan Malo (Université Nazi BONI, Bobo-Doulasso), Alain Mille (Université Lyon1, USF), Abdoulaye Séré (Université Nazi BONI, Bobo-Doulasso & RECIF), Yaya Traoré (Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou)

Résumé : L'intelligence artificielle se développe en Afrique dans un contexte culturel, économique et social spécifique. Dans cet article nous précisons l'impact de ce contexte, analysons les conditions de l'émergence d'une IA africaine. En articulation étroite avec les initiatives institutionnelles, nous proposons une dynamique ascendante associant formation, recherche et innovation pour une intelligence numérique du développement en Afrique. Plusieurs témoignages d'équipes scientifiques éclairent le potentiel de l'IA et l'enjeu de son développement.

Abstract: Artificial intelligence is developing in Africa in a specific cultural, economic and social context. In this article we specify the impact of this context, analyze the conditions of the emergence of an African AI. In close connection with the institutional initiatives, we propose a bottom-up dynamic associating training, research and innovation for a digital intelligence of development in Africa. Several testimonies of scientific teams shed light on the potential of AI and the stakes of its development.

Abstracto :La inteligencia artificial se está desarrollando en África en un contexto cultural, económico y social específico. En este artículo especificamos el impacto de este contexto, analizamos las condiciones de la aparición de una IA africana. En estrecha articulación con las iniciativas institucionales, proponemos una dinámica de abajo hacia arriba que asocie la capacitación, la investigación y la innovación para una inteligencia digital del desarrollo en África. Varios testimonios de equipos científicos arrojan luz sobre el potencial de la IA y lo que está en juego en su desarrollo.

L'intelligence artificielle : une chance pour le développement de l'Afrique ?

La notion de "pays en développement" (PED) est une définition proposée par l'OMC, en vue de gérer l'asymétrie économique entre certains pays. L'IA comme outil de développement y intervient différemment que dans les pays développés. L'état de l'art rappelle ce contexte. L'Afrique doit surmonter de grandes difficultés pour acquérir une IA robuste, capable de se développer sans dépendre des géants du domaine.

Nous observons l'émergence hésitante d'une IA africaine, adaptée à son contexte, sa culture, à ses populations et soutenant un développement durable (Dahmani, 2018; Merland, 2020; Miaillhe, 2018; Robert, 2015). Nous proposons le dispositif AFRICAÏN¹ une contribution articulant formation, recherche et entrepreneuriat. La contribution est illustrée de projets concrets d'acteurs africains. Le succès d'un tel projet implique son inscription dans la dynamique institutionnelle et privée des pays africains.

¹ AFRICAÏN : Associer Formation Recherche et Innovation en Cycles d'Intelligence Numérique

Cet article synthétise une étude plus large présentée avec de nombreuses références complémentaires dans un rapport de recherche du collectif AFRICAÏN, disponible pour les lecteurs intéressés sur le web².

L'IA en Afrique : un état des lieux

Le FMI projette l'impact de l'IA sur l'emploi en différenciant nations riches et pauvres (Alonso et al., 2020). Les acteurs majeurs de l'IA investissent dans les pays riches en pariant sur l'exploitation de données massives. Les pays en développement ne sont pas des cibles prioritaires.

L'Unesco (*Déclaration de Benguérir*, 2018) pointe toutefois la nécessité d'intégrer l'IA dans les stratégies nationales : Éducation et Recherche, Industrie Culturelle, Gestion des ressources avec une éthique rigoureuse.

Études sur IA et développement africain

Nous n'avons pas identifié d'article scientifique sur ce sujet. Les études sur numérique et développement concluent sur la nécessité de bons usages et d'une appropriation technologique locale.

(Kiyindou, 2019), insiste sur le contexte culturel : *Équilibre, Échange, Interdépendance* qui impliquent de conjuguer *Intérêt Commun* et *Intérêt Singulier*. La santé est citée comme le domaine d'impact fort pour l'IA. La puissance de l'IA est ambivalente : fascinante mais exigeant une éthique claire. Le concept d'*i-développement* met l'intelligence au centre du développement.

Intelligence artificielle et économie frugale

L'IA intervient dans une dynamique économique africaine contrastée (AFD, 2020). Moyens d'investissement faibles et dépendance fragilisent la pérennité des innovations. La téléphonie mobile massive souffre d'une bande passante inégale et coûteuse (ITU, 2018).

L'IA pourrait dynamiser et sécuriser le commerce en ligne qui se développe. L'IA autoriserait une logistique *agile* locale, régionale et internationale. L'IA explicative augmente la confiance des consommateurs, la sécurité des paiements et la qualité des livraisons (Merland, 2020).

La presse (Jeune Afrique, RFI, Le Monde, The Conversation, Ecofin Hebdo) traite de l'IA comme un enjeu de développement encore futur (Diop, 2020). Les articles collectés citent des start-up, des formations et des initiatives des GAFAM. La banque, la santé, l'agriculture, l'administration et l'éducation sont souvent citées. Cybersécurité et télécommunications sont mises en avant.

Des applications encore peu nombreuses

Plusieurs applications sont décrites dans (Kiyindou, 2019) : ShoOwer, géolocalisation de services, ne survit pas à son rachat ; Enova Robotics, uniquement déployé en Europe ; m-shule.com, pour l'éducation primaire, est locale ; Sam Kodo intègre la frugalité dans ses inventions, en Afrique ; le créateur de VIKI APP, est au Canada. L'*accélérateur d'entreprises* de Google, a sélectionné trois start-up : Flare, urgences médicales, ; Solar Freeze, conservation des récoltes ; mDoc, suivi médical. À l'examen, peu reposent sur une innovation de type IA. D'autres comme Nkalo conseillent les agriculteurs.

Quelques articles témoignent d'applications potentielles : le routage (Flauzac et al., 2015), l'énergie (Ndenoka et al., 2017), la soutenabilité (Takougang & Wethe, 2016), les capteurs connectés (Tchendji & Nana, 2018), l'analyse de la biodiversité (Bame et al., 2015).

² Rapport d'étude AFRICAÏN, 21 janvier 2021, <https://nuage-coexistence.hadoly.fr/s/JTtbMTSnA8JpG98>

Filières IA : un contexte académique et économique difficile

La formation à l'IA est indispensable pour réussir son développement (de la Higueira, 2019). Qu'en est-il en Afrique ?

L'histoire du CAMES de 1968 à 2018 (Cissé, 2018) retrace l'émergence de l'enseignement supérieur en Afrique. L'émancipation du modèle colonial a inspiré cette émergence. La réalité économique, le faible nombre d'enseignants-chercheurs et le souhait de subsidiarité des états membres ne la facilite pas.

L'UNESCO (Brossard & Foko, 2007) établit que moins de 3 % des jeunes d'une classe d'âge sont étudiants, tandis que le taux de diplômé.e.s sans emploi est de 60 %. Rapportée au PIB/habitant, la dépense publique par étudiant africain est 1,7 fois plus élevée que dans un pays développé. Ce niveau de dépense s'explique par les bourses accordées pour permettre d'étudier dans des conditions convenables. S'appuyant sur ces chiffres, la Banque mondiale (Gioan, 2007) propose de développer l'offre privée de formations d'ingénieurs.

(Guèye, 2005), dans le contexte de l'Afrique subsaharienne, conclut au contraire qu'il faut développer significativement les formations publiques et recommande d'ouvrir la formation scientifique à tous et à tout âge.

L'UNESCO (Schlegel, 2015) pointe que les pays en développement n'ont pas la structure économique pour intégrer une IA occidentale sans adaptation. (Dutton, 2018) note que seuls le Kenya et la Tunisie affichent une politique ayant un volet IA propre.

Quelques formations d'excellence abordent l'IA : l'Université Gaston Berger et Google. Elles sont calibrées pour l'international.

Faire carrière à l'étranger est un projet de la jeunesse (Efionayi & Piguët, 2014). (Meyer, 2020). La formation à distance rencontre un grand succès malgré les difficultés (Meyer, 2020). Les africains étudient l'IA en ligne mais peu certifient leur formation.

(Provini et al., 2020) argumente l'implication forte des acteurs locaux.

Les structures d'incubations d'entreprises se multiplient, mais rares s'emparent de l'IA. Les incubateurs, promus par les organisations et institutions africaines et internationales (états, organisations professionnelles, AFD, Digital Africa, AUF, ...), peuvent réagir vite si l'IA devient une compétence africaine.

Des équipes de recherche émergentes

Un diagnostic rigoureux de la recherche en Afrique aboutit à une liste de 13 capacités à assurer (Pulford et al., 2020) qui ne sont pour aucune d'entre elles vraiment assurées sur le continent.

Dans ce contexte difficile, quelques équipes sont poussées au standard international de l'IA par les formations d'excellence. L'Afrique du Sud bénéficie d'un Centre de recherche en intelligence artificielle qui insiste sur la nécessaire adaptation des techniques d'IA aux terrains de développement et respectant une éthique claire.

La visibilité des travaux africains est faible, les normes internationales étant adaptées aux standards des équipes des pays développés. Quelques travaux apparaissent dans *l'International Journal of Engineering Research in Africa*. Des conférences africaines se mettent en place, telle la conférence CARI ou les JRI au Burkina Faso.

Les revues scientifiques africaines ne sont pas dans les classements internationaux. Les chercheurs en IA valorisent leurs travaux dans la revue ARIMA, ou encore dans la revue Scientific African dont un numéro thématique *Big Data, Analytics and Artificial Intelligence*

for Sustainability est en cours de publication. Toutefois, les chercheurs africains sont de plus en plus visibles dans les conférences internationales.

Les forces et les faiblesses pour une IA facteur de développement

Sur la base de l'analyse du panorama brossé ci-dessus, une liste de points forts et de points faibles peut être dressée :

Les points forts sont :

- l'accessibilité croissante au numérique via les terminaux téléphoniques ;
- les services en ligne qui émergent pour la santé, l'agriculture, l'énergie, l'eau ;
- la jeunesse nombreuse, motivée et s'appropriant le numérique ;
- le grand appétit de connaissances scientifiques ;
- le nombre croissant de scientifiques dans le domaine de l'IA.

Les points faibles sont :

- les organisations de l'enseignement supérieur et de la recherche qui cherchent les moyens de leur développement ;
- les enseignants-chercheurs peu nombreux et surchargés ;
- le secteur du numérique dépendant des stratégies des géants internationaux ;
- la connectivité numérique très inégale et l'accès à l'énergie électrique aléatoire ;
- la croissance économique dépendante des stratégies internationales ;
- le déficit de confiance de la jeunesse pour développer ses projets en Afrique.

Développement de l'IA : au service du développement ?

En Afrique, l'IA ne représente pas un marché très important sous les formes qui font son très grand succès dans les pays riches. Ce sont des formes nouvelles d'usages de l'IA qui doivent s'inventer. Comment y parvenir ?

Pour exploiter les points forts et limiter les effets des points faibles, il faudrait :

- partir des forces vives : étudiants, entrepreneurs, chercheurs, incubateurs... ;
- associer l'innovation à la recherche, pour réduire l'impact du coût des études en associant emploi et diplomation ;
- gérer les priorités du développement avec les parties prenantes : agriculteurs, acteurs de l'énergie, de l'eau, des télécommunications, des services, de la santé, de la logistique, etc ;
- associer agilité et multimodalité dans l'enseignement-recherche ;
- adopter un modèle économique mixte : public, entreprises, individus ;
- valoriser fortement les acteurs impliqués.

Ces efforts se conjuguent avec les priorités nationales, continentales ou internationales, privées ou institutionnelles. Les efforts stratégiques des institutions facilitent l'émergence d'un tissu dynamique en IA.

Un modèle expérimental : le dispositif AFRICAÏN³

À la suite d'une présentation au cinquantenaire du CAMES en 2018, un collectif s'est constitué autour d'un groupe d'enseignants-chercheurs du Burkina Faso pour réunir les conditions du lancement du projet AFRICAÏN.

De l'intelligence artificielle à l'intelligence numérique

L'intelligence numérique est une forme innovante à donner aux dispositifs numériques qui prolongent et facilitent les activités dans la société. Il s'agit moins de développer des systèmes *intelligents* que des systèmes numériques qui fonctionnent *en intelligence avec la société*. Le développement de l'intelligence artificielle dans un cadre éthique encadré (Mille, 2019) réussira en impliquant l'utilisateur dans ses usages, en s'expliquant. La notion de *User Explained Artificial Intelligence* (Chaput et al., 2021) est centrale dans la conception des dispositifs d'IA orientés éthiques.

Cellules d'Activation de l'Intelligence Numérique

Définition : une cellule est une structure légère associant étudiants-chercheurs, apprentis-innovateurs, enseignants-chercheurs et entrepreneurs. La cellule grossit annuellement avec de nouveaux étudiants-chercheurs/innovateurs dans un parcours en alternance entre partenaires. Une cellule se divise lorsque sa croissance est suffisante pour produire une cellule similaire.

Rattachement institutionnel : les étudiants-chercheurs/entrepreneurs sont inscrits en formation doctorale, sous la responsabilité d'une institution qualifiée (par exemple par le CAMES en Afrique francophone). Partenaires professionnels et institutions académiques contractualisent autour d'un projet commun de formation à la recherche par la recherche de chercheurs-innovateurs.

Ressources, organisation et logistique : Une cellule AFRICAÏN est animée par des enseignants-chercheurs et des professionnels ; elle dispose d'un lieu identifié et aménagé ; son budget permet des mobilités ; les étudiants-chercheurs/innovateurs sont rémunérés. Elle complète son financement par des activités de recherche et développement.

Cycle de reproduction d'une cellule AFRICAÏN :

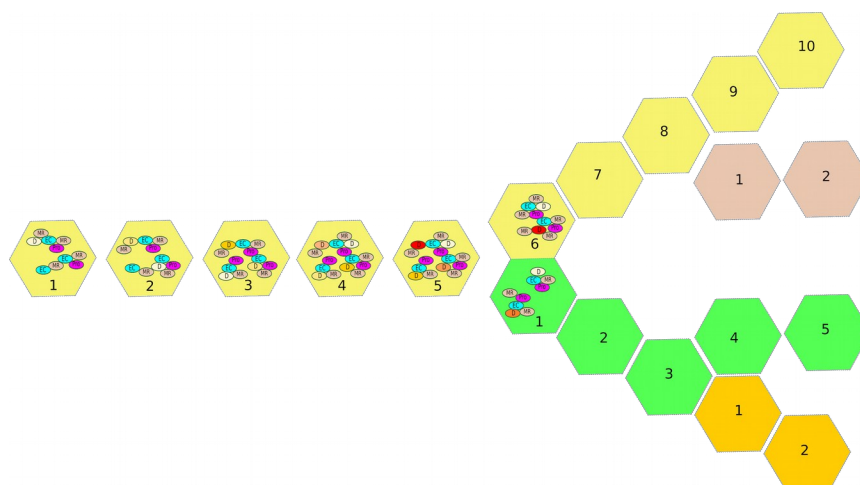


Illustration 1: Par cellule initiale, deux cellules à 6 ans, 4 cellules à 9 ans, 8 cellules à 12 ans...

³ Pour tous les détails sur le projet AFRICAÏN, voir <https://prezi.com/xnfhhi9augkd/>

A la fin du cycle initial, une ou deux thèses sont soutenues par an, la capacité de reproduction augmente et le cycle se raccourcit à 3 ans. A chaque reproduction la contractualisation institution académique/professionnels est révisée pour la cellule *souche* et initiée pour la cellule *fille*.

Avancement du projet AFRICAIN (2018-2020)

Les jalons : mission d'élaboration (juin 2018) avec l'Université Ouagadougou1 ; association aux JRI 2019 (Koudougou) ; comité scientifique international ; préparation d'un journal scientifique, évolution JRI en conférence avec proceedings publiés.

Témoignages d'acteurs africains

La communauté scientifique informatique au Burkina Faso : organisation et thème Intelligence Artificielle [Abdoulaye Séré]

Le Burkina Faso compte actuellement une quarantaine d'enseignants-chercheurs en Informatique. La plupart des spécialités de recherche sont couvertes et les sujets s'orientent vers le développement endogène. Ces acteurs sont consultés par les ministères et en particulier le Ministère du Développement de l'Économie Numérique et des Postes, en charge du développement numérique. Trois équipes principales : le LAMDI à l'université Nazi-BONI, le LAMI à l'université Joseph Ki-ZERBO et une équipe émergente à l'université Norbert ZONGO. Réunis au sein de l'association RECIF depuis 2019, ces acteurs promeuvent la formation professionnelle et la recherche en informatique. RECIF intègre les collègues de la diaspora et tisse des liens avec les entreprises et les institutions. RECIF organise les Journées de recherche en informatique depuis 2018 et la prochaine édition est programmée pour novembre 2021.

Le référencement des formations au numérique en francophonie : une exigence pour accompagner le développement de l'IA en Afrique francophone [Claude Lishou]

Au-delà des métiers connus du secteur numérique, tels que administrateurs, ingénieurs, webmasters, développeurs, etc., de nouvelles qualifications émergent avec l'accélération du développement de la robotique, de l'intelligence artificielle, des chaînes de blocs ou des données massives. Pour les pays en développement, notamment en Afrique subsaharienne, la demande devrait croître plus rapidement que dans les autres régions du monde.

Pour acquérir un métier, il faut développer les compétences numériques transversales mais aussi le savoir-être des apprenants, pour acquérir agilité et adaptabilité dans une société en mouvement permanent.

Trois groupes de compétences s'imposent : des compétences cognitives , telles que savoir apprendre, se documenter, résoudre des problèmes,... ; des compétences sociales, transversales, situationnelles, tels que travail en équipe, autonomie, esprit critique... ; des compétences numériques et technologiques.

La plateforme <http://www.metiersdunumerique-oif.org/> de l'Organisation internationale de la Francophonie se propose d'établir une cartographie des formations aux métiers du numérique dans les pays de la francophonie pour l'identification des formations innovantes.

Comment l'IA valorise les savoirs locaux pour une agriculture durable ? [Yaya Traoré]

Au Burkina Faso, l'agriculture concentre l'essentiel des activités de la population rurale dont la production est tributaire des aléas climatiques. Face aux pertes de récoltes, à la dégradation des sols, à la perturbation du calendrier agricole, à la baisse des rendements, à la prolifération des insectes ravageurs, les populations expérimentent les techniques basées sur les savoirs traditionnels locaux. Ces savoirs varient d'une localité à l'autre, sont faiblement documentés et enseignés. Ils influent peu les stratégies de résilience au changement climatique. L'IA

constitue une opportunité de collecter, documenter ces connaissances locales et de les rendre accessibles sous la forme d'assistance à leur mise en œuvre.

Les acteurs mobilisés pour un tel projet sont :

- les paysans détenteurs des savoirs locaux ;
- les chercheurs en IA ;
- les ingénieurs ;
- les entrepreneurs, les start-up, les ONG et les décideurs politiques.

Les méthodes et outils pour développer l'opérationnalisation des savoirs locaux sont :

- la plateforme de partage des savoirs locaux ;
- l'entrepôt de données ouvert sur les conséquence du changement climatique sur l'agriculture et les savoirs locaux des paysans pour y faire face ;
- l'agent assistant IA exploitant les données de l'entrepôt.

Les valorisations potentielles sont :

- les formations sur les savoirs locaux pour répondre aux requêtes des acteurs de terrains ;
- l'agent-assistant IA adapté au terminal téléphonique des agriculteurs ;
- l'outil d'aide stratégique pour les décideurs.

Contribution de l'intelligence artificielle à l'e-santé au Burkina Faso [Sadouanouan Malo]

Le domaine de la santé est l'un des domaines où les enjeux de l'IA sont les plus importants en Afrique. Nous nous intéressons à soulager les personnels de santé spécialistes, dont les effectifs sont très insuffisants, en aidant les soignants à analyser, diagnostiquer les problèmes de santé et à apprendre à les gérer.

Pour étudier cette question, nous nous sommes intéressés à l'interopérabilité des systèmes d'informations hospitaliers. Ces systèmes indépendants sont articulés par composition de services web, ce qui nécessite une ontologie commune permettant l'annotation sémantique des services.

Nous étudions l'utilisation de l'IA pour la surveillance des épidémies dans le cadre d'un projet financé par le CEA-MITIC⁴. La collecte et l'intégration rapides de données et d'événements liés aux facteurs de risque de propagation de la maladie sont difficiles. En cas d'épidémie, des mesures adéquates dont l'éducation et la sensibilisation, doivent rapidement être prises pour la contenir. Pour résoudre ces difficultés, nous avons proposé d'explorer les réseaux sociaux très utilisés en Afrique. Avec la connaissance ainsi acquise et afin de savoir comment sensibiliser efficacement la population, nous exploitons un simulateur basé sur une plateforme multi-agents. Nous avons structuré notre recherche sur ces deux axes : 1) utiliser les connaissances de l'état de l'art pour identifier les signes annonçant un risque d'épidémie en fouillant les réseaux sociaux. Nous associons un simulateur de propagation de l'épidémie facilitant l'interprétation des résultats ; 2) identifier les stratégies de contrôle de l'épidémie à l'aide d'un monde virtuel multi-agents, simulant le résultat de différentes actions de sensibilisation en situation opérationnelle.

⁴ Centre d'excellence africain en mathématiques, informatique et TIC : <https://www.ceamitic.sn/>

Nous continuons ces travaux avec la Bilharziose et la Covid-19. Pour la Bilharziose, un réseau de capteurs a été déployé pour surveiller la qualité de l'eau. Un outil d'alerte utilise la fusion des données de ces capteurs.

Nous poursuivons nos travaux pour le paludisme et la dengue, en incluant des techniques d'apprentissage automatique pour entraîner un modèle de diagnostic automatique qui pourra être intégré à un agent-bot d'aide à la décision.

Les acteurs mobilisés pour un tel projet sont :

- les épidémiologistes ;
- les mathématiciens experts en modélisation des phénomènes biologiques ;
- les géographes de la santé ;
- les développeurs et entrepreneurs ;
- les volontaires, personnels de santé et population.

Les valorisations potentielles sont :

- la création d'un centre de surveillance épidémiologique ;
- la création d'une équipe spécialisée dans l'intelligibilité des données.

L'IA au profit du développement économique et urbain des villes africaines : savoir collecter les données d'activité est un préalable [Didier Bassolé]

Selon l'ONU en 2019, le continent compte 1,3 milliard d'habitants, en comptera 2,5 milliards en 2050 et 4,4 milliards en 2100. Deux personnes sur trois vivront en ville en 2030. Comment s'emparer de la notion de *villes intelligentes* dans un tel contexte ? L'analyse des données produites par l'activité urbaine peut-elle servir à prédire et aider à la décision, notamment dans le cadre de la mobilité et la sécurité urbaine ? Cette question est au cœur des enjeux d'un développement durable des villes. L'IA constitue un levier stratégique de transformation digitale de la société au service des citoyens. L'existence et la disponibilité des données d'activités urbaines est une condition forte pour une IA utile. La qualité des résultats des algorithmes d'IA est directement liée à celle des données disponibles. La démarche de collecte des données valides et robustes nécessite une plateforme pour gérer la collecte, l'agrégation, le nettoyage et l'enrichissement des données quelles que soient leurs sources.

Les acteurs mobilisés pour un tel projet sont :

- les élus concernés et les responsables orientant le financement et l'orientation stratégique ;
- les collecteurs de données : techniciens et opérateurs équipés de Smartphone ;
- les chercheurs/Ingénieurs/Innovateurs : analystes de données, spécialistes en sciences des données ;
- les entreprises existantes, incubées ou en mode start-up ;
- les citoyens, comme bénéficiaires impliqués.

Pour coordonner et accélérer la mise en place des solutions, il convient de :

- s'appuyer sur une plateforme d'accès sécurisé communautaire ;
- disposer de ressources informatiques pour le traitement des données et l'analyse des profils intéressants ;
- constituer un réseau de compétences dans les technologies intelligentes urbaines.

Les valorisations potentielles sont :

- l'application de crowdsourcing pour la collecte ;
- l'émergence d'applications d'aide à la décision ;
- les outils d'analyse et de diagnostics au sein des collectivités ;
- l'intégration des systèmes d'alerte et de prévention.

Le projet AFRICAIN : une intelligence numérique agile et frugale

La situation économique des pays africains suit une courbe prometteuse mais ne profiterait sans doute pas d'une IA telle qu'elle se dessine dans les programmes stratégiques des pays développés. Les faiblesses actuelles peuvent se révéler des forces en choisissant de mettre en place une IA africaine, adaptée à l'avenir de l'Afrique comme modèle pour un développement durable dans le monde. Nous proposons un dispositif agile et frugal, pour diffuser rapidement tout à la fois les formations, les études et recherches et les réalisations pratiques dans une dynamique de cellules dynamiques et se diffusant en association étroite avec le tissu social et économique. Les témoignages proposés par les acteurs africains de cette initiative montrent que ce potentiel se transforme rapidement en actions concrètes contribuant au développement de l'Afrique par un usage situé des technologies de l'IA.

Bibliographie

- AFD. (2020). *L'économie africaine 2020* (AFD). La Découverte/Poche.
- Alonso, C., Kothari, S., & Rehman, S. (2020, décembre 2). *Comment l'intelligence artificielle pourrait creuser l'écart entre les nations riches et les nations pauvres* [Institution]. Fonds Monétaire International : Actualités. <https://urlz.fr/eHBm>
- Bame, N., Naacke, H., Sarr, I., & Ndiaye, S. (2015). Optimisation de requêtes dynamiques pour l'analyse de la biodiversité. *Revue Africaine de la Recherche en Informatique et Mathématiques Appliquées, INRIA, 21*, 21-47.
- Brossard, M., & Foko, B. (2007). *Coûts et financement de l'enseignement supérieur en Afrique francophone*. World Bank.
- Chaput, R., Cordier, A., & Mille, A. (2021). Explanation for Humans, for Machines, for Human-Machine Interactions? *Explainable Agency in Artificial Intelligence WS. AAAI-2021, Virtual Conference, United States*.
- Cissé, C. (2018). *Le CAMES 1968-2018. Un demi-siècle au service de l'enseignement supérieur et de la recherche en Afrique* (Creative Commons CC-BY 4.0). Science et Bien Commun.

- Dahmani, A. (2018). Les technologies numériques dans les pays en développement. Quel paradigme ? *Communication, technologies et développement*, 6. <https://doi.org/10.4000/ctd.437>
- de la Higueira, C. (2019). *A report about Education, Training Teachers and Learning Artificial Intelligence : Overview of key issues* [UNESCO]. UNESCO. http://cdlh7.free.fr/UNESCO/Teaching_AI-cdlh.pdf
- Déclaration finale du Forum sur l'intelligence artificielle en Afrique*. (2018). UNESCO. https://en.unesco.org/sites/default/files/ai_outcome-statement_africa-forum_fr.pdf
- Diop, A. (2020, juillet 20). Il y a urgence à penser une stratégie numérique à l'échelle de l'Afrique. *Le Monde*. <https://urlz.fr/eHBq>
- Dutton, T. (2018, juillet 13). Artificial Intelligence Strategies. *Politics + AI*. <https://urlz.fr/eHBu>
- Efionayi, D., & Piguet, E. (2014). Les étudiants d'Afrique de l'Ouest face à la globalisation du savoir. *Revue internationale de politique de développement*, 5.2. <https://doi.org/10.4000/poldev.1730>
- Flauzac, O., Niang, I., & Nolot, F. (2015). Routage et agrégation de données dans les réseaux de capteurs sans fil structurés en clusters auto-stabilisants. *Revue Africaine de la Recherche en Informatique et Mathématiques Appliquées, INRIA*, 21, 85-107.
- Gioan, P. A. (2007). *Enseignement Supérieur en Afrique Francophone : Quels leviers pour des politiques financièrement soutenables ?* World Bank.
- Guèye, P. (2005). *L'enseignement supérieur en Afrique subsaharienne : Des pistes pour une réforme* (document de programme et de réunion ED/HED/2008/PI/32; p. 162). United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).
- ITU. (2018). *Édition de 2018 du Rapport « Mesurer la société de l'information »* (p. 10) [Rapport de l'Union Internationale des Télécommunications]. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/misr2018/MISR2018-ES-PDF-F.pdf>
- Kiyindou, A. (2019). *Intelligence Artificielle : Pratiques et enjeux pour le développement*. L'Harmattan.

- Merland, L. (2020). *L'Afrique numérique*. LID2MS - Laboratoire Interdisciplinaire Droit des Médias et Mutations Sociales. <https://urlz.fr/eHBw>
- Meyer, J.-B. (2020, juillet 2). Université à distance : En Afrique, des expériences encourageantes pendant la crise du Covid. *The Conversation, Africa Edition*.
- Miaillhe, N. (2018). Géopolitique de l'intelligence artificielle : Le retour des empires ? *Revue Politique Étrangère*, 3, 105-117.
- Mille, A. (2019). Vers des dispositifs numériques orientés éthique ? *Intellectica*, 70, 119-163.
- Ndenoka, G. N., Simeu, E., & Alhakim, R. (2017). Efficient controller synthesis of multi-energy systems for autonomous domestic water supply. *Revue Africaine de La Recherche En Informatique et Mathématiques Appliquées, INRIA, Special Issue CRI 2015(24)*, 65-88.
- Provini, O., Mayrargue, C., & Chitou, I. (2020). Enseignement supérieur dans les Afriques : Le temps des réformes : Introduction. *Les Cahiers d'Afrique de l'Est / The East African Review*, 54, 3.
- Robert, A.-C. (2015, décembre). Vertiges de la croissance : AFRIQUE, Enfer et Eldorado. *Le Monde diplomatique*, 98.
- Schlegel, F. (Éd.). (2015). *UNESCO science report : Towards 2030*. UNESCO Publ.
- Takougang, S. A. M., & Wethe, J. (2016). A model for assessing sustainability. *Revue Africaine de La Recherche En Informatique et Mathématiques Appliquées, INRIA*, 22, 1-15.
- Tchendji, V. K., & Nana, B. P. (2018). Management of Low-density Sensor-Actuator Network in a Virtual Architecture. *Revue Africaine de La Recherche En Informatique et Mathématiques Appliquées, INRIA, Special Issue CARI 2016(27)*, 75-100.