

« ICHEC – ECAM – ISFSC »



Enseignement supérieur de type long de niveau universitaire

L'IA est-elle un accélérateur ou obstacle à l'amélioration de la durabilité dans le secteur du textile ?

Mémoire présenté par :

Caroline VERMEERSCH

Pour l'obtention du diplôme de :

Master en sciences commerciales

Année académique 2023-2024

Promoteur :

David GRÜNEWALD

Remerciements

Je souhaite remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire de fin d'études.

En premier lieu, j'aimerais remercier mon promoteur, Monsieur David Grünewald, pour son aide précieuse, ses retours et sa flexibilité tout au long de la rédaction de ce mémoire.

Je désire aussi remercier Monsieur Jacques Folon pour les sessions d'information en présentiel à l'ICHEC ainsi que la documentation disponible sur Moodle qui m'a fortement aidé dans la rédaction de mon mémoire.

Ensuite, je souhaite remercier mon père, Philippe Vermeersch, et ma mère, Valérie Billen, pour avoir relu, corrigé et m'avoir soutenu tout au long de mon mémoire.

Enfin, je voudrais exprimer ma gratitude envers les participants de mes interviews, plus particulièrement les experts dans les domaines de l'intelligence artificielle et de la durabilité qui, grâce à leurs connaissances, ont été un atout pour la réalisation de ce travail de fin d'études.

Caroline Vermeersch
Juillet 2024, Waterloo

Engagement anti-plagiat

« Je soussigné, VERMEERSCH, Caroline, Master 1, déclare par la présente que le travail ci-joint respecte les règles de référencement des sources reprises dans le règlement des études signé lors de mon inscription à l'ICHEC (respect de la norme APA concernant le référencement dans le texte, la bibliographie, etc.) ; que ce travail est l'aboutissement d'une démarche entièrement personnelle; qu'il ne contient pas de contenus produits par une intelligence artificielle sans y faire explicitement référence. Par ma signature, je certifie sur l'honneur avoir pris connaissance des documents précités et que le travail présenté est original et exempt de tout emprunt à un tiers non-cité correctement. »

Le 31 juillet 2024,

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'C' followed by a series of loops and a final horizontal stroke.

Table de matières

Remerciements	3
Engagement anti-plagiat	4
Table de figure	6
1 Introduction	7
1.1 Justification	8
1.2 Plan de travail	8
1.3 Source et ressources de collecte d'informations	10
2 Revue de la littérature.....	11
2.1 L'industrie de la mode.....	11
2.1.1 Définition de la mode durable.....	12
2.1.2 Histoire de la mode	13
2.2 L'intelligence artificielle	14
2.2.1 Définition de l'intelligence artificielle	14
2.2.2 L'éthique de l'intelligence artificielle.....	14
2.2.3 La durabilité et l'intelligence artificielle.....	15
2.2.4 Les défis liés à la durabilité	16
2.3 Le processus de production dans l'industrie de la mode	16
2.3.1 La phase de création.....	18
2.3.2 La phase de production.....	22
2.3.3 La phase de distribution.....	27
2.3.4 La phase vente.....	34
2.4 L'empreinte carbone de l'intelligence artificielle	40
2.4.1 Les composants de l'empreinte carbone de l'intelligence artificielle	40
2.4.2 Initiative d'aide pour une intelligence plus écoresponsable	43
2.5 Conclusion de la revue de la littérature.....	49
3 Méthodologie	51
3.1 Analyse critique.....	51
3.1.1 Collecte de données et problématique.....	52
3.1.2 Hypothèses	52
3.2 Analyse qualitative.....	53
3.2.1 Choix de la méthode.....	54
3.2.2 Guide d'entretien	54
3.2.3 Limites.....	55
3.2.4 Répondants	55
3.2.5 Résultats	56
3.3 Confrontation aux hypothèses	62
4 Discussion.....	64
5 Recommandations	67
6 Conclusion	69
7 Bibliographie	72
8 Table des Annexes.....	Error! Bookmark not defined.

Table de figure

FIGURE 1- TAUX D'ADOPTION DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DANS LA CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT À L'ÉCHELLE MONDIALE (2022–2025) (ALJOHANI, 2023).....	16
FIGURE 2-DOMAINES D'INVESTISSEMENT D'IA DANS LA MODE	17
FIGURE 3-DIAGRAMME REPRÉSENTATIF DU MARCHÉ DES IMPRIMÉS DE LIGNE (HEURITECH, 2024).....	20
FIGURE 4-TENDANCES DES COULEURS D'AUTOMNE (HEURITECH, 2024).....	20
FIGURE 5-PAGE D'ACCUEIL PLATFORME HEURITECH (HEURITECH, 2024)	21
FIGURE 6-AI-BASED HYPERSPECTRAL IMAGING (REFIBERD, S. D.).....	24
FIGURE 7- SCHÉMA SYSTÈME SMARTX CORE (KNITTING INDUSTRY, 2023).....	25
FIGURE 8- SMARTX CORE SUR UNE MACHINE À TRICOTER CIRCULAIRE À LARGEUR TUBULAIRE (KNITTING INDUSTRY, 2023)	25
FIGURE 9- INFORMATION MACHINES (SMARTX PRESS, 2023).....	25
FIGURE 10- PRESSE À CHAUD SMARTX LOOP (KNITTING INDUSTRY, 2023)	26
FIGURE 11- SCHÉMA SYSTÈME SMARTX LOOP (KNITTING INDUSTRY, 2023)	26
FIGURE 12- SMARTX LOOP PASSEPORT (KNITTING INDUSTRY, 2023)	26
FIGURE 13- SCHÉMA DES DONNÉES ENDOGÈNES ET EXOGÈNES COMME AIDE À LA PRÉVISION DE LA DEMANDE (PHAN ET AL., 2020)	29
FIGURE 14- ÉTAPES POUR CRÉATION DE L'APPLICATION DEMAND FORECAST (FASHIONDATA, S. D.)	31
FIGURE 15- DÉROULEMENT DE L'APPLICATION (FASHION DATA, S.D. -A).....	31
FIGURE 16- EXEMPLE D'APPLICATION DE PLANIFICATION DES COMMANDES (FASHION DATA, S.D.)	32
FIGURE 17- EXEMPLE DE CONTRÔLE DU PLANNING DES COMMANDES (FASHION DATA, S.D -C)	32
FIGURE 18- VÊTEMENTS USAGÉS DU DÉSERT D'ATACAMA (MONDIALISATION, 2022)	36
FIGURE 19- POURCENTAGE D'INTERNAUTES AYANT ACHETÉ EN LIGNE DES BIENS ET SERVICES (E-COMMERCE EUROPE ET AL., 2023)	36
FIGURE 20- RAISONS DE RETOUR DE COMMANDES D'ACHAT EN LIGNE (% DE RÉPONDANTS) (CHAN, 2023).....	36
FIGURE 21- STRUCTURE ARCHITECTURAL DU CADRE PROPOSÉ (ALJOHANI, 2023)	37
FIGURE 22- RÉSULTAT DES DIFFÉRENTES IA ET TRYONDIFFUSION (ZHU ET AL., 2023)	39
FIGURE 23- DIFFUSION DES PIXELS (KEMELMACHER-SCHLIZERMAN, 2023)	39
FIGURE 24- ALLOCATION CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ DES DATA CENTERS (WAERSEGGERS, 2021)	41
FIGURE 25- QUANTITÉS D'ÉMISSIONS DE CO2 & CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DE 5 LLM DIFFÉRENTS (LE GOFF, 2023)	45

1 Introduction

Le développement de l'intelligence artificielle, qui influence de plus en plus notre quotidien, comme l'indique le Parlement européen, « peut faire une grande différence dans nos vies, pour le meilleur ou pour le pire » (Parlement européen, 2023). Même si cette technologie révolutionne nos industries ainsi que l'économie mondiale, l'alliance de la puissance de calcul avec de grands volumes de données et des modèles informatiques sophistiqués permet aussi une explosion d'opportunités

De nombreuses questions se posent avec le développement de l'intelligence artificielle dans notre société, plus particulièrement dans le domaine de l'industrie, où cette nouvelle ère qui s'offre à nous a un réel impact sur les domaines économiques, sociaux et institutionnels, et soulève la nécessité d'aborder cette tendance avec minutie.

Parallèlement à cette avancée fulgurante de l'intelligence artificielle, la société actuelle exprime des préoccupations environnementales croissantes qui *« mettent davantage de pression sur les entreprises, les incitant à jouer un rôle significatif dans la lutte contre le changement climatique »*, selon le dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Externe, 2024).

Dès lors, nous devons nous interroger sur l'empreinte carbone engendrée par l'intelligence artificielle dans notre société, de manière générale ou plus particulièrement dans l'industrie. Celle du textile, quant à elle, cherche à faire face au gaspillage des ressources, à l'achat massif, et à la prise de conscience du processus derrière chaque vêtement, tel que la lutte « contre les effets néfastes de ce phénomène sur l'environnement ». Ce processus a été initié par l'Union européenne, qui a l'ambition de réduire les déchets textiles et d'augmenter leur recyclage pour une justice environnementale (Parlement européen, 2024)."

De ce fait, nous allons tenter, à travers ce travail de fin d'études, d'élucider ce paradoxe où l'intelligence artificielle semble être une solution pour la durabilité, comme l'indique Satish Thomas, Corporate Vice-Président chez Microsoft Industry Clouds, mais qui, d'autre part, a le pouvoir d'être une source de pollution, comme le précise Tommy Catherine, expert climat pour Greenly en citant que *« Malgré les performances fascinantes de ChatGPT, il est légitime de se demander si le jeu en vaut la chandelle sur le plan environnemental »* (Microsoft, 2024) (Etx & Etx, 2023).

Nous nous interrogeons dès lors sur la possibilité que l'intelligence artificielle puisse améliorer l'empreinte carbone des entreprises. Plus particulièrement, nous analyserons comment l'industrie anticipe cette évolution en s'équipant ou en améliorant ses processus pour devenir plus durable grâce à des outils d'intelligence artificielle. Le but est de montrer comment une entreprise peut réduire son empreinte carbone à l'aide de l'intelligence artificielle.

1.1 Justification

Le choix du sujet s'est naturellement imposé à moi dès lors que j'ai réalisé mon travail de fin d'études de bachelier à la Haute École « Odisee », un travail étroitement lié à l'intelligence artificielle et plus particulièrement axé sur le potentiel du marketing d'influenceurs virtuels en Flandre.

De ce fait, j'ai souhaité opter pour la recherche d'une problématique qui soit non seulement liée au sujet de l'intelligence artificielle, mais aussi au secteur du textile, mon rêve étant de travailler dans le marketing de la mode de luxe.

J'ai le sentiment que la période actuelle pousse les consommateurs à se soucier de plus en plus de l'environnement et qu'ils exigent des produits de plus en plus innovants, sortant de l'ordinaire. La mode durable ne se réfère plus uniquement à une fabrication de vêtements respectueuse de l'environnement ; elle prend également en compte les conditions de travail dans lesquelles ces vêtements sont fabriqués. Ainsi, en offrant un équilibre à la fois environnemental et social, la mode durable incite les entreprises à répondre de manière plus efficace aux besoins des consommateurs, en prenant en compte leurs préoccupations en matière d'environnement et d'éthique. Pour cette raison, il est pertinent d'étudier si l'application de l'intelligence artificielle dans le secteur du textile peut offrir des solutions innovantes, durables et stratégiques pour les entreprises du secteur.

J'ai donc naturellement souhaité en apprendre davantage sur le sujet du textile, un secteur qui semble être conquis par les nouvelles techniques de marketing, comme par exemple les essayages de vêtements virtuels.

Le cosmétique, avec l'essayage virtuel de maquillage, a été l'une de mes premières approches. Cette innovation m'avait intriguée et m'a incitée à m'intéresser à ces techniques, ce qui m'a finalement conduit à m'interroger sur leur application dans le domaine du textile. Étant passionnée de mode depuis plusieurs années et consommatrice à la fois de fast fashion, comme Zara, et de slow fashion, comme Patagonia, j'ai pu observer que, ces dernières années, la tendance du marché évolue de plus en plus vers la durabilité.

Étant curieuse de nature et très intéressée par la mode ainsi que par l'impact écologique, j'ai souhaité combiner ces thématiques dans mon travail de fin d'études. Pour ce faire, j'ai mené des recherches théoriques et pratiques approfondies. Mon objectif était de produire une étude pertinente, à la hauteur de mon cursus en haute école. J'ai cherché à comprendre comment l'intelligence artificielle peut être efficacement exploitée dans le secteur du textile.

Ce travail de fin d'études m'aidera personnellement à contribuer aux connaissances sur l'intelligence artificielle dans l'industrie de la mode et à fournir des conseils aux entreprises actives dans le secteur du textile concernant l'exploitation du potentiel durable de l'intelligence artificielle.

1.2 Plan de travail

Étant donné que ce mémoire de fin d'études traite principalement de trois sujets centraux, à savoir la mode, la durabilité et l'intelligence artificielle, nous consacrerons cette première partie théorique à une analyse exploratoire des différents articles et coupures de presse spécialisés sur le sujet.

Dans le but de renforcer nos connaissances sur l'intelligence artificielle et l'impact qu'elle peut avoir, une meilleure compréhension du sujet est essentielle. Nous devons donc collecter des informations sur l'utilisation de l'intelligence artificielle dans l'industrie.

Nous nous intéresserons ensuite aux acteurs de terrain en les interrogeant, afin de comprendre les processus actuellement utilisés dans ces entreprises, mais aussi pour savoir où l'intelligence artificielle s'intègre tant au niveau stratégique qu'opérationnel.

Nous analyserons donc plusieurs entreprises et consulterons des experts pour identifier les points communs dans les solutions que l'intelligence artificielle a apportées afin de minimiser leur impact sur l'environnement.

Nous aurons dès lors l'occasion de rencontrer des personnes directement impliquées dans le secteur de la mode, dans le but d'analyser les processus actuellement en place et d'alimenter cette recherche. L'aide de l'intelligence artificielle permettra de proposer des pistes d'amélioration de l'empreinte carbone des entreprises actives dans ce secteur.

Nous allons également croiser plusieurs concepts pour aborder des sujets intéressants, tels que la durabilité dans le secteur du textile, ou encore proposer des pistes d'explication concernant la controverse autour de l'intelligence artificielle. En effet, celle-ci semble être un outil puissant pour réduire l'impact environnemental, mais aussi une source de problèmes en termes de durabilité.

Enfin, nous pourrions mettre en évidence des pistes de solutions, telles que la révision des processus de production dans le secteur du textile, mais également en extrapolant nos recherches aux solutions pour diminuer l'empreinte carbone de l'IA. De ce fait, nous serons en mesure d'indiquer comment l'industrie s'équipe et améliore ses processus de production aujourd'hui, afin d'assurer une certaine durabilité, avec la possibilité de résoudre ces défis grâce à des outils d'intelligence artificielle, qui font partie intégrante de leur stratégie.

Nous rappellerons que le sujet principal de ce travail de fin d'études est de s'intéresser au secteur du textile en particulier. Dans cette optique, nous étudierons l'amélioration de son impact environnemental à l'aide, notamment, des progrès technologiques, tels que l'introduction de l'intelligence artificielle.

En ce qui concerne le sujet de l'intelligence artificielle, nous nous concentrerons sur l'analyse de son fonctionnement, en particulier sur le matériel (hardware¹) qui soutient cette technologie, ainsi que sur l'impact environnemental de son utilisation et les solutions pour y remédier.

La première partie sera consacrée à l'industrie du textile, ce qu'elle fait, pour ensuite proposer des pistes de solutions à apporter à l'entreprise qui souhaite revoir ses processus de production. C'est le cas par exemple de grandes entreprises telles que Inditex ou encore Patagonia. Cette dernière étant déjà engagée dans la durabilité.

Au cours de la recherche liée à ce travail de fin d'études, les résultats préliminaires seront présentés selon notre propre vision des avantages et des menaces de l'intelligence artificielle dans l'industrie

¹ Est décrit comme étant les équipements informatiques comme les processeurs, les puces spécialisés, les serveurs, les centres de données etc. qui aide pour l'exécution des algorithmes d'IA (Wikipedia, 2024).

de manière générale, mais surtout dans l'industrie du textile en particulier, ainsi que son impact environnemental.

1.3 Source et ressources de collecte d'informations

Ce mémoire de fin d'études vise à définir les solutions que l'intelligence artificielle peut apporter dans le secteur du textile, et plus particulièrement son impact sur l'environnement. Cela nous permettra d'anticiper ce que sera le secteur du textile dans un avenir proche. Pour cette raison, nous allons privilégier les sources de collecte d'informations qui concernent l'industrie de la mode.

C'est pourquoi nous avons opté pour une méthode qualitative, qui est très utile pour obtenir une vision plus large de l'objet d'étude, afin de pouvoir approfondir et élargir l'analyse de ce sujet.

Pour débiter, une revue systématique de la littérature a été réalisée pour mener à bien ce travail, ce qui a facilité la collecte d'informations dans différentes bases de données, notamment auprès de la bibliothèque de l'Ichec, de revues scientifiques, ou encore de revues de presse spécialisées.

Pour déterminer la séquence de recherche, nous avons sélectionné certains termes de recherche tels que : « intelligence artificielle », « technologie », « innovation », « science », « consommation responsable », « consommation durable », « consommation écologique », « consommation écoresponsable », « fast fashion », « mode éphémère », « mode rapide », « mode jetable », « réduction de l'empreinte environnementale », « diminution de l'empreinte carbone », « optimisation des processus », « amélioration des procédés », « analyse des données », « traitement des données », « exploitation des données », « automatisation », « robotisation », « industrie de la mode », ainsi que d'autres termes en rapport avec l'industrie de la mode, l'intelligence artificielle et la durabilité.

Pour la sélection des sources, un processus en plusieurs phases a été suivi. Dans un premier temps, les sources ne répondant pas aux critères de sélection, que ce soit dans leurs titres, leurs résumés ou leurs mots-clés, ont été éliminées.

Dans un second temps, un examen détaillé des informations complètes a été effectué pour sélectionner les sources finales. Des filtres tels que l'année de publication ou la période de mise à jour, qui ne doit pas excéder les dix dernières années, ont été utilisés comme critères de sélection.

2 Revue de la littérature

Bien que « *les évolutions semblent timides en ce qui concerne l'amélioration des conditions sociales dans l'industrie du textile et de l'habillement* », comme le présente Camille Thirifay dans sa thèse intitulée « *L'évolution de l'industrie textile, les compétences et le phénomène de la fast-fashion vers un modèle d'économie circulaire* » (Thirifay, 2023), l'industrie de la mode reste un secteur concurrentiel en constante évolution. Les entreprises du secteur sont confrontées à des défis qu'elles doivent relever pour rester compétitives sur un marché rempli de concurrents.

De plus, l'industrie de la mode vit actuellement une transformation numérique avec l'émergence de l'intelligence artificielle. Cette nouvelle technologie crée des opportunités inédites dans ce secteur.

Selon la Banque nationale de Belgique, « *si l'intelligence artificielle peut engendrer une vague de croissance soutenue de la productivité* », elle est encore au stade d'évolution dans l'industrie de la mode », bien qu'elle soit en pleine croissance dans divers autres secteurs.

De nouvelles entreprises arrivent sur le marché, bien que celui-ci soit déjà occupé par de grandes marques telles qu'Inditex, qui annonçait fin 2023 revoir ses chaînes de production pour se tourner vers le slow fashion. Ainsi, l'entreprise se positionne comme plus durable (FashionNetwork.com FR, 2023).

Dans ce point dédié à la revue de la littérature, nous étudierons l'industrie de la mode, l'intelligence artificielle, ainsi que le processus de production dans ce secteur. Ce dernier aspect sera enrichi par une interview avec Monsieur Lejeune.

2.1 L'industrie de la mode

L'industrie textile est reconnue pour être une industrie polluante et semble générer un impact environnemental négatif. En Belgique, le secteur du textile prend progressivement conscience de l'impératif de durabilité, notamment face à la montée en flèche de la demande de produits durables. Cette prise de conscience est d'autant plus cruciale à la lumière des projections alarmantes pour l'avenir.

Selon l'Agence de la transition écologique (Ademe), si les tendances de consommation actuelles perdurent, le secteur textile pourrait représenter jusqu'à 26 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre d'ici 2050 (Obé, n.d.). Cette constatation souligne l'urgence pour les acteurs du secteur de repenser leurs pratiques et de s'engager résolument dans des initiatives durables.

Par ailleurs, le secteur textile est économiquement très important. Selon Coface, expert en assurance-crédit international pour les entreprises, cette importance économique renforce la capacité à atteindre des objectifs de développement durable élevés (Coface for trade, 2022).

Comme évoqué précédemment, la sensibilisation croissante de la population à l'impact environnemental nécessite l'adoption de mesures plus durables dans la production et la consommation. Au fil du temps, l'industrie textile durable a pris de plus en plus d'importance. Selon les questions et réponses sur la stratégie de l'UE pour des textiles durables et circulaires, « *le secteur*

textile emploie plus de 1,5 million de personnes, réparties dans plus de 160 000 entreprises, pour un chiffre d'affaires qui s'élevait à 162 milliards d'euros en 2019 » (Press Corner, 2022).

L'industrie textile apparaît comme une solution pour relever les défis environnementaux liés à la production de textiles, à mesure que les consommateurs prennent conscience de l'impact des produits respectueux de l'environnement.

L'adoption de pratiques durables par les entreprises textiles contribue à la préservation de l'environnement et profite à l'ensemble de la société. En Belgique en particulier, l'industrie textile a connu une augmentation significative, comme le montre le cas d'Inditex, qui adopte des pratiques durables dans ses chaînes d'approvisionnement et de production (Isla, 2012).

En outre, un certain nombre de nouvelles entreprises axées sur la durabilité ont vu le jour, telles qu'Ecoalf ou Patagonia, que nous citerons ci-dessous (ECOALF, n.d.).

Le budget d'investissement reste la principale barrière à l'entrée dans le processus de durabilité pour les entreprises, notamment celles qui entrent dans le secteur de la mode, selon l'Organisation de coopération et de développement économiques (Capobianco, 2019).

Nous considérons que la stratégie de l'industrie est basée sur la différenciation. De ce fait, l'industrie de la mode doit chercher à attirer ses consommateurs en les sensibilisant à l'environnement, afin que ces derniers perçoivent le produit comme unique. Dans ce point dédié à la mode, nous étudierons sa définition, son histoire et plus particulièrement le secteur de la mode en Belgique.

2.1.1 Définition de la mode durable

Dans cette section, nous souhaitons développer notre propre définition de la mode, et plus particulièrement de la mode durable. En Belgique, plus de 80 % de la population semble consciente de l'impact environnemental et se dit respectueuse de l'environnement, comme le montre une enquête publique sur le climat. Zakia Khattabi, ministre fédérale du Climat, souligne que « *les Belges eux donnent un signal clair et placent la préoccupation environnementale en première place* » (Service Changements climatiques, s.d.).

Nous pouvons définir la mode durable comme un type de production conscient de l'impact environnemental qu'il a sur son public. En effet, ce mouvement écologiste tente de réduire l'impact négatif du secteur sur l'environnement en encourageant des pratiques écoresponsables, une démarche accélérée suite à la pandémie de COVID-19.

En effet, selon l'ONU, « *l'industrie de la mode est responsable à elle seule de 2 % à 8 % des émissions de dioxyde de carbone mondiales, soit plus que ce que génèrent les vols internationaux et le transport maritime réunis* » et « *ces émissions sont essentiellement liées à la production des matières premières, à la fabrication des textiles et au transport des produits finis* » (United Nations, s.d.).

Cette industrie tente également de transformer la mode en un secteur transparent et respectueux de l'environnement, depuis la production des matières premières jusqu'à la gestion des produits en fin de vie. C'est le but de la stratégie de l'Union européenne présentée par la Commission le 30 mars 2022, qui porte sur l'ensemble du cycle de vie des produits textiles. Ce texte propose des actions

visant à modifier la façon dont les textiles sont produits, consommés et recyclés (Commission Européenne, 2022).

Dans ce principe, nous nous écartons donc du marché des accessoires de mode tels que les sacs à dos ou les bijoux de fantaisie, bien que certains puissent également être fabriqués de manière durable.

Par extrapolation, nous définissons la stratégie durable dans le secteur de la mode comme une approche visant à réduire l'impact environnemental associé à la production, à l'utilisation et à l'élimination d'un produit. C'est ce qui ressort du mémoire présenté par Inès Kunoka, qui a étudié « *Comment l'industrie de la mode peut-elle réduire l'écart entre l'attitude et le comportement liés à la mode durable ?* ». Lors de sa recherche, elle a pu mettre en évidence que les concepteurs de mode doivent bien comprendre les stratégies de conception durable, la manière de les appliquer, ainsi que les opportunités d'innovation qu'elles offrent.

2.1.2 Histoire de la mode

Dans le but de mieux comprendre l'évolution du secteur du textile et de la mode en particulier, nous avons souhaité étudier son évolution. Pour éviter de nous étendre sur cet historique, nous entamons notre recherche à partir des années 1980, une période durant laquelle la mode durable n'était pas encore très connue du public et principalement de ses consommateurs.

En effet, au début des années 1980, l'industrie en général a été incitée à se développer grâce à des modèles de production de masse et des techniques de différenciation, où « *l'objet est de trouver un compromis entre flexibilité et productivité* » (M, 2010). Plus particulièrement concernant le secteur de la mode, c'est à partir de 1980 que Knowledge Cotton Apparel, un célèbre créateur danois, s'est distingué par ses vêtements respectueux de l'environnement en utilisant du coton biologique (Beryl, 2024).

Ce n'est seulement que dix ans plus tard que la mode durable a commencé à se faire connaître, en raison de l'intérêt croissant de la population pour la protection de l'environnement. Ces alternatives ont donné naissance aux premières collections respectueuses de l'environnement, telles que celles lancées par Patagonia (Idini, 2022).

Si nous avançons encore dix ans plus tard, dans les années 2000, nous constatons que de plus en plus de marques misent sur la mode durable, au point que des plateformes telles que l'Institut Français du Textile et de l'Habillement (IFTH) ont été créées dans le but de promouvoir la durabilité dans l'industrie textile (IFTH, 2024).

En raison du développement des médias sociaux, la popularité et la sensibilisation à la mode durable se sont également accrues. En effet, « les réseaux sociaux ont favorisé une interaction bidirectionnelle entre les marques et les consommateurs », brisant les barrières entre les créateurs de mode et leurs clients (Azala, 2023).

2.2 L'intelligence artificielle

2.2.1 Définition de l'intelligence artificielle

Afin de lier le thème de la mode et de la durabilité à notre question de recherche, nous allons maintenant nous intéresser à l'intelligence artificielle et à ses principaux éléments. Cela nous permettra, plus loin dans le travail, de déterminer si celle-ci peut être considérée comme un progrès ou plutôt comme une nuisance au niveau de l'industrie du textile.

Ainsi, comme le définit le Parlement européen, « *l'IA désigne la possibilité pour une machine de reproduire des comportements liés aux humains, tels que le raisonnement, la planification et la créativité* » (Intelligence Artificielle : Définition et Utilisation, 2020). En d'autres termes, il s'agit d'applications qui effectuent des tâches complexes nécessitant une intervention humaine, comme communiquer en ligne avec d'autres individus.

Le large modèle langage est défini selon Humza N. et al. comme « *des systèmes d'intelligence artificielle de pointe capables de comprendre et de produire du texte de manière cohérente, et de s'adapter à diverses tâches* » (Naveed et al., 2024, p. 2). Il s'agit plus précisément d'un programme informatique soutenu par des informations provenant de données diverses sous forme textuelle, dans le but de comprendre et de décoder le langage humain et, par conséquent, de générer du langage naturel (Cloudflare, s.d.).

Pour qu'une intelligence artificielle fonctionne correctement, elle doit être fondée sur deux méthodes d'apprentissage : l'apprentissage automatique et l'apprentissage profond. L'apprentissage automatique, ou « *machine learning* », est alimenté par un petit nombre de données provenant de diverses sources, telles que des bases de données internes, des études de marché, des transactions financières, des images, des vidéos, des enregistrements audios, etc. Ce modèle utilise des algorithmes simples et complexes pour analyser la collecte de données et faire des prédictions ou des décisions. Cela nécessite une intervention humaine pour que le modèle puisse reconnaître les motifs dans les données et prendre les bonnes décisions. Ce paramétrage est partiellement manuel, car un expert doit identifier les caractéristiques importantes des données, tandis que le modèle se contente d'apprendre à les exploiter.

L'apprentissage profond, ou « *deep learning* », est une sous-division de l'apprentissage automatique. Il est alimenté par un grand nombre de données plus complexes et utilise des réseaux de neurones, appelés « *Deep Neural Networks* », avec plusieurs couches pour analyser les données de manière approfondie. Cela résulte en une intervention humaine réduite, car ces modèles sont capables d'apprendre par eux-mêmes à extraire certaines informations ou caractéristiques (Giovannangeli, 2023, p. 24).

Pour aller directement au cœur de notre recherche, nous allons d'abord nous intéresser à l'éthique de l'intelligence artificielle, puis étudier sa durabilité et, enfin, examiner ses défis.

2.2.2 L'éthique de l'intelligence artificielle

Pour débiter ce point dédié à l'éthique de l'intelligence artificielle, nous pouvons souligner que « *l'éthique de l'IA est un ensemble de lignes de conduite qui donne des conseils sur la conception et les résultats de l'intelligence artificielle* », comme l'a défini l'entreprise IBM (IBM, s.d.).

L'éthique de l'intelligence artificielle semble donc essentielle, d'un point de vue théorique, pour relever les défis éthiques associés à l'utilisation de systèmes automatisés, étant donné que les entreprises sont constamment à la recherche de processus d'amélioration dans leurs résultats commerciaux, comme le souligne Clara Courval (Conseil de l'Europe, s.d.).

L'éthique dans l'intelligence artificielle semble permettre, selon IBM, de répondre aux besoins des entreprises en toute transparence et dans le respect des droits de l'homme. Pour appuyer cette réflexion, IBM s'inspire des principes fondamentaux de l'éthique de l'intelligence artificielle, basés sur le rapport Belmont. Cette étude « fait ressortir trois grands principes qui servent de ligne directrice pour les expériences et la conception d'algorithmes » : le respect des personnes, l'humanité et la justice.

Le respect des personnes reconnaît l'autonomie des personnes et souligne l'importance de leur consentement. La protection des personnes devient alors une priorité, d'où l'importance que les individus doivent être conscients des risques et avoir le choix de participer ou de se rétracter à tout moment.

L'humanité est un principe qui empêche de nuire à quiconque. Dans cette optique, l'intelligence artificielle ne doit pas causer de dommages spécifiques, de manière à éviter certains préjugés liés à la race, au sexe, aux tendances politiques, etc. et ce malgré des intentions positives.

La justice concerne l'impartialité et l'équité dans l'utilisation de l'intelligence artificielle, en tenant compte d'aspects tels que les besoins individuels ou encore la contribution sociale. Ce principe mis en avant par le rapport Belmont, veille à ce que l'utilisation de cet outil soit effectué de manière équitable (Office Of The Secretary et al. , 1979).

2.2.3 La durabilité et l'intelligence artificielle

Selon la Fondation pour les Générations Futures, la durabilité garantit que les besoins du présent ne compromettent pas ceux des générations futures (Fondation pour les générations futures, s. d.). La durabilité vise à maintenir un équilibre entre la protection de l'environnement et la croissance économique, comme l'indique les Nations Unies, qui indentifient trois piliers du développement durable : le pilier environnemental, le pilier économique et le pilier social (United Nations, s. d.-a).

Le pilier environnemental concerne la gestion efficace des ressources naturelles dans le cadre d'une activité productive afin de les préserver pour les besoins futurs. Le pilier économique concerne l'utilisation de pratiques économiquement rentables, qui sont socialement et écologiquement responsables. Le pilier social concerne la cohésion et la stabilité des populations, en favorisant leur développement vital.

La nécessité d'initier les citoyens, mais aussi les entreprises à la durabilité est cruciale pour parvenir à un changement des modes de vie et des modes de production.

D'après ce que nous venons de décrire, l'implication de l'intelligence artificielle doit donc être durable pour assurer une bonne intégration, afin de ne pas aller à l'encontre des 17 objectifs de développement durable des Nations Unies (Bodiguel, 2020).

D'autre part, la durabilité des systèmes basés sur l'intelligence artificielle nécessite en effet des décisions transparentes et responsables à tous les niveaux de mise en œuvre, afin de ne pas affecter la société dans son ensemble. Sans l'implication de la population, la durabilité de ces systèmes serait compromise (Parlement européen, 2024a).

2.2.4 Les défis liés à la durabilité

Le développement durable est devenu un guide essentiel pour remédier au déséquilibre planétaire causé par l'épuisement des ressources, comme l'a souligné la COP27 en Égypte, qui favorise une collaboration accrue entre les institutions, les gouvernements infranationaux et les entreprises (Comité européen des régions, 2022).

L'intelligence artificielle nécessite une mise en œuvre qui tient compte des défis de la durabilité et la poursuite des réglementations éthiques, afin d'évoluer vers des pratiques et des politiques commerciales plus responsables (Commission Européenne, 2021).

Le plus grand défi sera alors de définir la responsabilité des acteurs de l'intelligence artificielle et d'assurer le respect des principes éthiques, conformément aux fonctions spécifiques et au contexte dans lequel ils opèrent.

2.3 Le processus de production dans l'industrie de la mode

Avant d'évoquer les différentes parties du processus de production, il est important de déterminer à quel point l'IA est ou sera une nécessité. Le graphique 1 ci-dessous, basé sur les statistiques de Statista montre qu'en 2025 il sera crucial pour près de 40 % des processus de production d'utiliser l'intelligence artificielle (Aljohani, 2023).

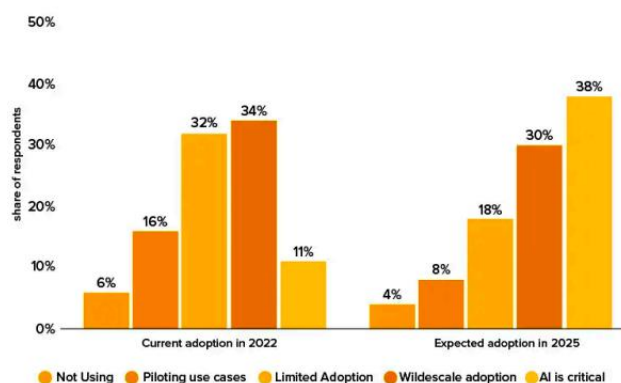


Figure 1- Taux d'adoption de l'intelligence artificielle dans la chaîne d'approvisionnement à l'échelle mondiale (2022–2025) (Aljohani, 2023)

Bien que les chiffres paraissent simples, le processus de production dépend d'une décision managériale visant à optimiser la chaîne de production, comme l'indique Mova Mika et Bouyanfif dans leur recherche sur « l'intégration de l'Industrie 4.0 à partir de la supply chain ainsi que ses impacts de cette intégration sur les compétences managériales » (Bouyanfif & Mova Mika, 2021).

Il est possible d'examiner ce processus de production sous plusieurs angles, tels que celui du bien-être des travailleurs, de l'écologie, de la rentabilité, etc.

Afin d'en connaître davantage sur le sujet, nous avons souhaité interroger un professionnel du secteur avec, à son actif, cinq années d'expérience, il s'agit de M. Lejeune, qui a généreusement accepté de nous aider dans la compréhension de cette problématique. Selon M. Lejeune, l'application des outils informatiques dans l'industrie de la mode est devenue une tendance croissante ces dernières années, tant en ce qui concerne les machines que les programmes utilisés. En effet, grâce aux avancées technologiques, les entreprises peuvent optimiser davantage leurs processus de production.

Les progrès technologiques ainsi que la capacité de traitement des informations ont permis, selon M. Lejeune, le développement de méthodes plus complexes, apportant des améliorations significatives dans le processus de production. Cela se traduit, par exemple, par une vision d'ensemble de l'activité, une prise de décision automatisée, un gain de temps, la personnalisation de l'expérience client ainsi que l'automatisation des tâches routinières.

L'intelligence artificielle s'est donc progressivement imposée dans le secteur de la mode, non seulement au niveau du développement économique, mais aussi en favorisant la création de nouvelles solutions technologiques. Ces solutions apportent des améliorations à la chaîne de valeur en exploitant et en analysant une quantité immense de données, telles que le suivi des stocks, les préférences des consommateurs, etc.

Dans cette section consacrée au processus de production dans l'industrie de la mode, nous allons nous intéresser plus particulièrement au cycle de vie du textile, qui comprend : la phase de création, la phase de production, la phase de distribution et, enfin la phase après-vente. Comme mentionné auparavant la durabilité dans le secteur du textile, en lien avec l'intelligence artificielle, ne peut se réaliser qu'avec des financements. La figure 2 montre les différents domaines d'investissements qui seront concernés, allant du e-commerce aux prévisions de tendances (Intelistyle, 2021).



Figure 2-Domaine d'investissement d'IA dans la mode

2.3.1 La phase de création

2.3.1.1 La prédiction des tendances

La prédiction des tendances est considérée comme le processus d'identification et de prévision du potentiel d'un marché et de produits spécifiques, comme le décrit Wissal el Boudkhani dans son mémoire intitulé « *Big Data à l'intelligence artificielle : Quel avenir pour le métier d'auditeur ?* ». Elle souligne les difficultés rencontrées lors de la distinction entre les tendances importantes et les tendances sans importance, et la nécessité d'identifier un grand nombre de tendances sans signification.

Trouver les nouvelles tendances sur un marché à partir de l'analyse des données, offre un avantage concurrentiel, selon M. Lejeune, qui indique que, dans le cas de l'industrie de la mode, cette discipline concerne principalement l'anticipation des tendances et l'évaluation des ventes futures.

La prédiction des tendances aide donc le management à produire des vêtements répondant à la demande en termes de couleur, de style, de forme, ce qui suscite l'intérêt du consommateur. Elle aide également le management à prédire ses courbes de vente ou bien sa gestion des stocks.

Comme l'indique M. Lejeune, l'industrie de la mode suit un cycle et s'adapte telle une roue sans fin. De ce fait, plusieurs étapes se répètent : la création d'un nouveau design, l'installation de la nouveauté dans la société, la création de la tendance, et enfin sa disparition. Ensuite, le cycle reprend avec la création d'un nouveau design et ainsi de suite.

Les tendances d'aujourd'hui évoluent beaucoup plus rapidement qu'auparavant. M. Lejeune indique que la cause en est la mondialisation ainsi que la numérisation. De ce fait, selon lui, il est important de prévoir les tendances de manière fiable pour répondre aux besoins des consommateurs.

Afin d'anticiper les tendances et d'évaluer les ventes futures, M. Lejeune conseille d'utiliser des outils informatiques axés sur l'analyse de données ; une grande avancée actuelle pour la prévision des tendances et des ventes d'article de mode au détail, surtout en ce qui concerne le segment de la fast fashion.

La récupération d'images grâce à l'intelligence artificielle constitue une source de données précieuse pour l'industrie de la mode, permettant aux entreprises d'améliorer la prédiction des nouvelles tendances, notamment lorsque des données sont conçues spécifiquement pour une tâche précise, comme la prédiction des tendances (Parlement européen, 2023a).

Cependant, M. Lejeune souligne que les processus de production doivent également être pris en compte dans cette course aux nouvelles tendances, pouvant aider à réduire la difficulté des entreprises dans la production des produits finis.

2.3.1.2 Programme d'intelligence artificielle

Les pays connus pour la production de textile au vu de leur prix peu élevé comme la Chine, le Bangladesh, l'Inde, le Vietnam et la Turquie sont confrontés à une forte demande de marques bien différentes les unes des autres, ce qui ajoute une complexité considérable. Cette complexité se fait ressentir dans diverses exigences et préférences de chaque marque et détaillant. C'est pour cela qu'il devient primordial d'anticiper au mieux la mode pour les produits qui ont le plus de chance d'être

vendus, mais également pour une bonne gestion de la production afin d'éviter tout gaspillage. Pour mieux peaufiner cette compréhension du marché, il est nécessaire de prendre en compte l'utilisation de systèmes qui permettent de faire au mieux ces prédictions. En effet, ces systèmes doivent d'abord être nourris de données fiables pour être sûr que les prédictions soient plus efficaces, ce qui est le cas à l'heure actuelle grâce à la société **Heuritech** (Gossein, 2024).

Cette start-up française, créée par des doctorants, proposant sa recherche scientifique comme une solution tout-en-un pour le processus de développement d'une collection de vêtements. En 2017, ils remporté le prix de l'innovation de LVMH qui leur a permis une grande visibilité. Cette société propose une technologie de pointe à des clients tels que Dior, Adidas, New Balance, etc., spécialisée dans l'analyse prévision des tendances et des produits. Elle permet de produire de manière plus écoresponsable tout en obtenant un avantage concurrentiel significatif en synchronisant les stocks avec les préférences changeantes des consommateurs. Cette technologie basée sur une intelligence artificielle avancée, appelée le « *computer vision* », formée de reconnaissance visuelle, est capable d'analyser un million de photos publiées sur les réseaux sociaux (Instagram et Weibo) par jour. Ceci a pour but de détecter des attributs de mode comme des micro-imprimés, couleurs, tissus et formes et les transformer en informations significatives, notamment en identifiant les produits qui seront à la mode les mois à venir (Bladt, 2024).

La plateforme Heuritech proposent deux solutions grâce à ses algorithmes de prévision associés à la reconnaissance visuelle. Elle permet de prédire les tendances avec une précision de 90 %, un an à l'avance. Pour ce faire, l'intelligence artificielle capte divers signaux, tels que la fluctuation de la demande, mais également tous les changements dans la demande de la mode. Par la suite, elle fera des prédictions sur les tendances futures et la réelle demande du marché ainsi que le moment le plus optimal pour lancer la collection. L'outil d'intelligence artificielle est donc efficace et nécessaire quant aux changements dans la demande des consommateurs par la reconnaissance automatique. Grâce à une récolte de données efficace, les marques peuvent optimiser l'adéquation entre les produits vestimentaires et leur marché cible. Plus précisément, si un imprimé ou une couleur est identifiée comme étant croissante par rapport à la collection précédente, le détaillant aura une idée plus claire pour la planification de ses assortiments, réduisant ainsi le surstockage et par ce fait le gaspillage (Blanco, 2024).

L'ensemble des données pour la prédiction des tendances sont représentatives pour chaque marché, c'est-à-dire qu'elle prend en compte la géographie, la saisonnalité, la segmentation des consommateurs et le genre.

Un exemple est le rapport du Fashion Weeks Femmes Automne-Hiver 2024, publié par Heuritech en septembre 2023. Celui-ci met en avant les tendances pour l'automne 2024. Ceci est un des événements sur lesquels Heuritech collecte des données afin de prédire les tendances pour les clients affiliés à leur plateforme. Les insights de données proviennent non seulement des styles repérés sur les podiums, mais aussi de leur future évolution sur le marché. Ce rapport reprend entre autres différentes analyses :

- Imprimé : cela analyse les tendances pour les imprimés sur les vêtements tels que des lignes, des ronds ou d'autres dessins. Par exemple, le graphique 3 ci-dessous reprend l'évolution du port d'imprimé ligné dans différents pays en fonction de l'automne 2023-2024 et l'été 2024. On voit très clairement que les imprimés avec des lignes sont en constante évolution dans la

A bar chart comparing the percentage of respondents who are 'Very satisfied' with their country's economic situation across four cities (New York, London, Milan, Paris) for three time periods: FW24, SS24, and FW23. The Y-axis represents the percentage, ranging from 0.0% to 5.0% in 1.0% increments. The X-axis lists the time periods. The legend indicates: New York (brown), London (dark grey), Milan (light orange), and Paris (grey). Data labels are provided above each bar.

Time Period	New York	London	Milan	Paris
FW24	3.9%	1.8%	3.9%	4.2%
SS24	3.3%	3.0%	4.8%	4.9%
FW23	2.5%	3.6%	3.6%	3.6%

- Couleur : cela analyse également les tendances au niveau des couleurs. Le graphique 4 ci-dessous à comme axe des ordonnées la croissance prévue par rapport à l'automne 2023-2024 et sur l'axe des abscisses l'évolution de la visibilité sur le podium. Il est remarqué que le rectangle en haut à droite met en avant les couleurs qui ont le plus de chance de devenir à la mode. Il en ressort que le rouge risque d'être la couleur la plus populaire pour l'automne 2024 (Heuritech, 2024).



analyses de
faites par
comme la
Weeks afin
toujours à jour
nouvelles
(Heuritech,

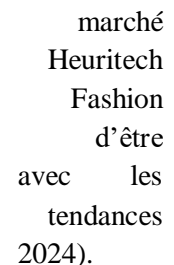


Figure 5-Page d'accueil plateforme Heuritech (Heuritech, 2024)

2.3.1.3 Le design dans le processus de la chaîne de valeur

Le design est l'un des éléments les plus importants dans le processus de la chaîne de valeur des entreprises, comme l'indique le Bureau international du Travail dans son '*Guide à l'usage des praticiens du développement économique, des gouvernements et des entreprises privées*' (Herr et al., 2012).

En effet, Mr. Lejeune indique que cette phase qui implique la génération d'idées et la conceptualisation, sert à capter l'attention des consommateurs car elle établit l'identité même de la marque. Cela permet notamment à l'entreprise de se différencier de la concurrence et ainsi répondre aux besoins des clients.

Comme nous l'avons vu précédemment dans la prédiction des tendances, les entreprises de fast fashion s'adaptent grâce à leur flexibilité, tandis que les marques de haute couture ou de luxe cherchent davantage à créer leurs propres tendances (FashionNetwork.com.FR, 2007). En effet, les marques de fast fashion s'inspirent du design des produits de luxe et cherchent à les proposer aux consommateurs à un prix inférieur, de manière plus rapide et de qualité moindre.

Dans le but d'améliorer leur compétitivité, certains créateurs optent pour l'outil informatique comme aide à la création. En ce sens, M. Lejeune indique que certains utilisent des systèmes d'intelligence artificielle pour obtenir et transformer leurs designs combinant le facteur humain avec l'efficacité.

L'intelligence artificielle générative permet de générer des designs exclusifs qui peuvent combiner des éléments existants et/ou intégrer des nouvelles textures. Cela permet de créer des vêtements uniques et sans précédent (Scient, 2021).

La conception générative utilise des algorithmes d'apprentissage automatique pour imiter l'approche de conception d'un ingénieur. Les concepteurs ou les ingénieurs saisissent les paramètres de conception (tels que les matériaux, la taille, le poids, la résistance, les méthodes de fabrication, le budget, les aspects environnementaux) dans un logiciel de conception générative. Par la suite le logiciel fournit tous les résultats possibles qui peuvent être créés avec ces paramètres. Cela permet aux fabricants de générer rapidement des milliers d'options de conception pour un seul produit (Scient, 2021).

Des recherches et développements en termes de vêtements intelligents aboutissent actuellement à la création de textiles « fibretroniques », définis comme la convergence de la technologie et du textile, dans lesquels sont implantés des technologies qui peuvent s'avérer très utiles et respectueuses de l'environnement (Scient, 2021). On voit notamment apparaître, en laboratoire, une nouvelle génération de textiles conducteurs organiques dont des polymères sont composés de macromolécules présentes à l'état naturel (Comyn, 2023).

De plus, des réalisations telles que la création de vêtements vivants qui permettent d'autoréguler la température du corps (Start up Omios Tech) ou de générer des influx musculaires pour des personnes handicapées (Aura powered clothing du Studio Fuse Project) sont aussi mises au point (Rufer, 2019).

Un exemple concret de l'utilisation de cette technologie est l'artiste Trevor Andrew, connu sous le nom de GucciGhost, qui a développé une collection spécifique de sacs dont les designs sont générés par l'intelligence artificielle (Nooitgedagt, 2016).

Notons également la jeune chaîne de mode Stradivarius, appartenant au groupe Inditex, qui a présenté une campagne printemps/été 2023 grâce à l'intelligence artificielle en utilisant des modèles dont les visages ont été générés avec cette intelligence artificielle (Alonso, 2023).

Par ailleurs, l'intelligence artificielle permet l'identification des matériaux ayant le plus faible impact sur l'environnement, ceci en tenant compte de l'ensemble de leur cycle de vie. Elle permet également d'optimiser l'éco-conception des matériaux, des composants et des produits, contribuant ainsi à un processus de production plus écologique.

Nous étudierons plus en détail le processus de la chaîne de valeur dans le secteur du textile, mais soulignons déjà que l'intelligence artificielle peut aider les concepteurs à s'inspirer tel que souligné au Sommet international sur la sécurité de l'intelligence artificielle (Davies, 2023). Dans ce sommet, les 28 participants ont uni leurs forces pour faire face aux risques de l'avancement rapide de cette technologie.

2.3.2 La phase de production

Les rôles et applications de l'intelligence artificielle dans le cadre de la production de textiles sont multiples et ne cessent de se développer. Parmi celles-ci, on trouve actuellement des logiciels d'optimisation de la gestion de la production et de sa logistique. Ceux-ci contiennent beaucoup de données techniques, environnementales et digitales et disposent d'algorithmes d'apprentissage automatique qui leur permettent de s'améliorer au fur et à mesure de leur usage (auto-apprentissage).

Cela permet de calculer de manière plus précise les besoins en matières premières, de rechercher des solutions d'approvisionnement plus locales, de réduire les besoins de transport et d'en optimiser les flux, de réduire les besoins en énergie et en eau et de diminuer les déchets ainsi que leur impact sur l'environnement. Il est évident que ces applications permettent aux entreprises qui en font bon usage, de réduire leur empreinte carbone grâce à ces ajustements.

2.3.2.1 Fabrication de textile écologique

La fabrication de textiles écologiques implique l'identification des filaments essentiels à la confection des vêtements durables. Cependant, l'extraction des matières premières soulève des préoccupations de surconsommation des ressources naturelles, étant donné que la production du textile nécessite une quantité considérable d'eau et de terre pour cultiver le coton.

Selon des estimations du Parlement Européen, pour fabriquer un t-shirt en coton, il faudrait 2700 litres d'eau douce, ce qui représente la consommation d'eau à boire d'une personne en deux ans et demi. Deuxièmement, il y a la problématique liée aux teintures et autres produits de finition, contribuant à 20 % de la pollution mondiale de l'eau potable pour colorer les vêtements, et qui

terminent souvent dans les rivières locales. De plus, une libération estimée à près de 700 000 fibres de micro plastiques lors d'un simple lavage en machine à laver est une préoccupation majeure, car ces particules sont libérées dans les eaux usées et on les retrouve ensuite dans tous les océans.

Toute cette pollution générée par la fabrication d'un vêtement a non seulement un impact écologique, mais touche également les populations locales, les animaux et des écosystèmes où sont localisées les usines de textile (Parlement européen, 2024c).

A cela s'ajoute la conscientisation du fait que seulement 1% des vêtements sont recyclés en nouveaux vêtements. Ceci souligne l'importance potentielle de l'intelligence artificielle dans l'optimisation des processus de recyclage et de fabrication des matières premières, notamment par la création de textiles recyclés et renouvelables (Parlement européen, 2024c).

Notons que les matériaux le plus souvent recyclés sont les bouteilles en plastique (PET), les filets de pêche, et les vêtements en fin de vie. Des innovations incluent également l'usage de caoutchouc recyclé et de fibres de bambou (Admin-Ecolo, 2024). Ici, cette technologie va se concentrer sur le recyclage des vêtements en fin de vie.

L'industrie du textile est à elle seule responsable de la création de 92 millions de tonnes de déchets de textile dont seulement 1 % de ces déchets sont recyclés en nouveaux vêtements, comme mentionné dans le point 2.3.2.1 (*fabrication de textile écologique*). Les fondateurs de la société **Refiber** ont analysé qu'en effet 50 % de l'impact environnemental du secteur du textile est dû aux matières premières ainsi que la mauvaise connaissance des matériaux présents dans le vêtement, ce qui mène à un recyclage et tri des déchets non efficace (Fashion For Good, 2022).

Ils ont créé une nouvelle technologie exploitant l'intelligence artificielle capable de détecter la composition des fibres et la présence de contaminants dans les déchets textiles. Cela signifie que les matériaux difficiles à recycler, tels que l'élasthanne, le nylon et l'acrylique, peuvent être détectés même lorsque leur composition est inférieure à 2 %.

Comme l'indique la figure 6, une pièce de vêtement est traitée en quelques millisecondes à l'aide d'une caméra hyperspectrale qui transmet des données à un ordinateur pour identifier les différentes fibres. Un modèle d'apprentissage automatique alimenté par un ensemble de données propriétaires de milliers d'échantillons textiles personnalisés, traite ensuite les données d'imagerie hyperspectrale pour identifier toutes les différentes fibres présentes dans les déchets, y compris les fibres mélangées et superposées (Davis Wright Tremaine, 2023). Ensuite, les vêtements sont triés par couleurs et broyés afin d'être soumis à un processus chimique où les matières premières différentes sont séparées. Ceci a pour but de créer des fils durables pour la fabrication de textile « refibrés ».

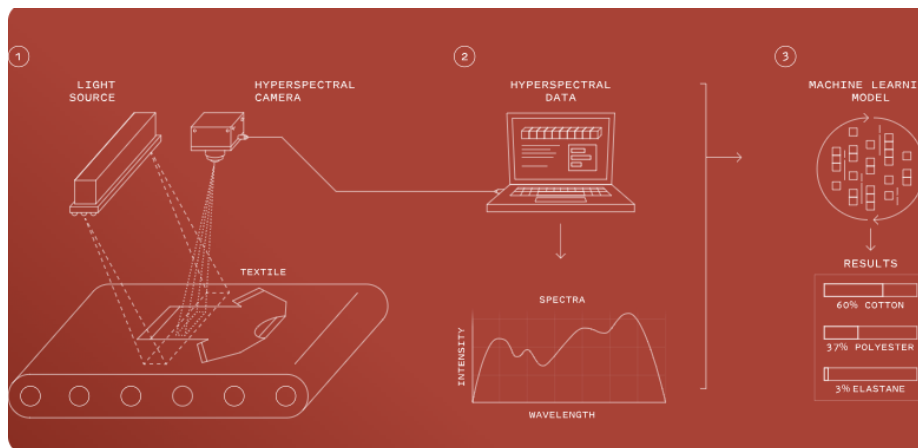


Figure 6-AI-based hyperspectral imaging (Refiberd, s. d.)

2.3.2.2 Les cobots

Les robots industriels sont présents dans les usines de fabrication depuis la fin des années 1970. Avec l'ajout de l'intelligence artificielle, un robot industriel peut surveiller sa propre précision et ses performances, et s'entraîner à s'améliorer. Les cobots ou robots collaboratifs sont une autre application robotique qui travaillent en toute sécurité aux côtés de travailleurs humains afin d'accomplir une tâche complémentaire ou participative à ceux-ci. Dans l'industrie textile, de nombreux processus impliquent des tâches répétitives qui conviennent aux cobots. Contrairement aux humains, ils ne se fatiguent pas et peuvent travailler sans interruption sept jours sur sept sans commettre d'erreurs (Dilmegani, 2024).

La start-up **Smartex**, créée en 2019, s'est spécialisée dans le segment de la production textile avec pour objectif de réduire l'empreinte carbone des entreprises et d'améliorer la qualité de leur production. Elle développe des applications permettant de mieux gérer les usines modernes, en assurant un contrôle de qualité de bout en bout de la chaîne de production. Les solutions développées par cette société consistent principalement à créer des processus automatisés utilisant l'intelligence artificielle couplée à la robotique. Leurs systèmes sont implémentés dans une centaine d'usines réparties sur les continents européen, asiatique et américain (Smartex ai, s. d.).

La première application, nommée « *Smartex Core* » permet de détecter durant la phase de fabrication des matières textiles, les défauts tels que des fils abîmés ou les problèmes de couleur. Ceux-ci seront repérés en temps réel grâce à l'implantation de caméras digitales à infrarouge ou ultraviolet et de capteurs dans les cobots qui favorisent un contrôle de qualité automatisé. Ils ont la capacité d'interpréter les informations digitales recueillies en temps réel et de prendre les mesures nécessaires pour une sécurité dans les processus.

Cela permet, par exemple, de mettre instantanément en veille une machine défaillante ou d'interrompre une ligne de production. Ainsi, ce processus limite les pertes de production et réduit les déchets générés par une machine qui continuerait à imprimer de façon défaillante une grande quantité de textile en attendant que quelqu'un se rende compte du problème. De plus, l'analyse de l'imagerie digitale par ces cobots permet de détecter des défauts invisibles à l'œil humain. Leur

efficacité et leur précision d'analyse évoluent au fur et à mesure grâce aux algorithmes d'apprentissage automatique (European Innovation Council, s. d.).

Pour une meilleure compréhension de l'intégration de l'intelligence artificielle dans cette machine, référez-vous à la Figure 7 présentant le schéma du système « Smartex Core ». Cette technologie est utilisée sur une machine à tricoter circulaire qui génère des tissus tubulaires, couramment utilisés dans la confection de vêtements tels que des T-shirts, des chaussettes ou des bas, comme illustré dans la Figure 8.



Figure 8- Smartex Core sur une machine à tricoter circulaire à largeur tubulaire (Knitting industry, 2023)

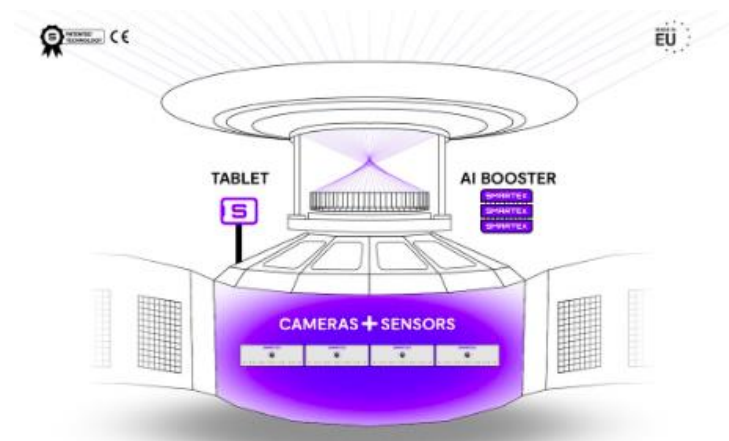


Figure 7- Schéma système Smartex Core (Knitting industry, 2023)

En amont, les cobots sont connectés à un software, nommé « *Smartex Fact* » avec lequel elles échangent leurs informations. Le software dispose d'une interface visuelle très claire qui se retrouve tant sur les écrans de contrôle que sur les tablettes et smartphones des utilisateurs. Les employés affectés au contrôle de la fabrication sont informés en temps réel de la situation par le biais des alertes qui leur sont envoyées. Ces écrans de contrôle ou tableaux de bord sont évolutifs et personnalisables en fonction de l'entreprise et de ses besoins.

La première fonction présente sur la Figure 9 de cette interface visuelle, appelée « *my machine page* », vise à assurer la maintenance prédictive des machines afin d'anticiper une éventuelle panne ou de signaler la nécessité de planifier une maintenance. Grâce à cela, les opérateurs peuvent prendre à temps des dispositions pour réorganiser la chaîne de production et mieux gérer le risque lié à une interruption subite de production.

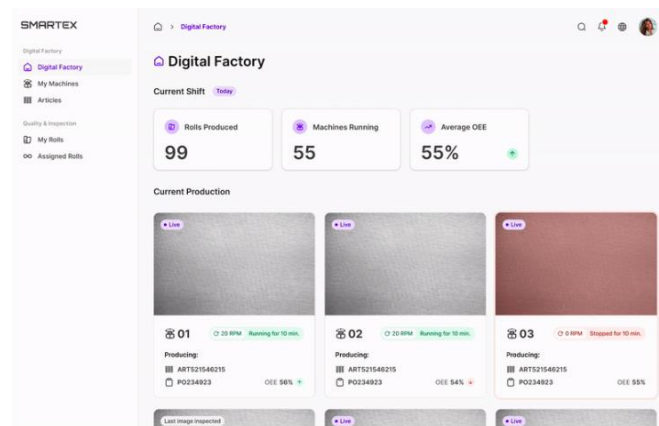


Figure 9- Information machines (Smartex Press, 2023)

Une autre fonctionnalité, nommée « *digital factory page* », offre une perspective globale sur l'usine incluant le comptage des machines actuellement opérationnelles ainsi que le suivi des rouleaux fabriqués au cours de la journée.

La fonction finale, nommée « *Automatic Roll Grading* », garantit une qualité uniforme tout au long du processus de production. Grâce à la précision et à la fiabilité du contrôle de qualité de la chaîne automatisée, les produits finis sont automatiquement classés selon leur niveau de qualité. Les produits non conformes sont immédiatement identifiés et écartés du processus, assurant ainsi la cohérence des normes de qualité (Smartex Press, 2023).

Généralement, lorsque de la marchandise est expédiée d'un pays ou d'un continent vers un autre, un contrôle de qualité du produit est effectué tant à l'embarquement qu'au débarquement. Smartex propose une solution pour réduire ce type de manutention qui nécessite du temps et de l'énergie et aussi pour assurer la traçabilité du produit, nommé « Smartex Loop ».

Chaque produit fini se voit attribuer une fiche d'identité personnelle sous la forme d'un code QR, comme affiché sur la figure 12. Cette fiche reprend des données de fabrication telles que la date et son historique, la composition, l'impact environnemental du produit, etc. Sur certains produits tels que des rouleaux de tissus par exemple, ce code est imprimé dans une matière indestructible qui résiste aux lavages et aux teintures. Cette matière sera ensuite intégrée dans le tissu par une technique de pressage à chaud, comme présenté sur la figure 10. Ce code QR sera également apposé sur le matériau utilisé pour l'emballage. Cela permet à l'entreprise de garantir un label de qualité et de traçabilité tout en évitant les contrôles de marchandises inutiles (Knitting industry, 2023).



Figure 10- Presse à chaud Smartex Loop (Knitting industry, 2023)

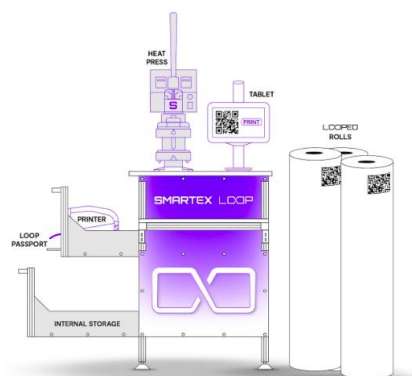


Figure 11- Schéma système Smartex Loop (knitting Industry, 2023)

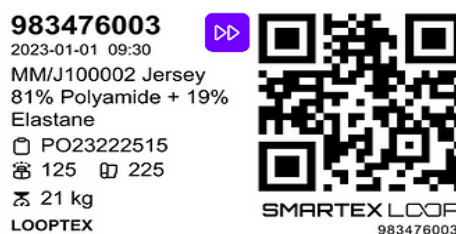


Figure 12- Smartex Loop Passeport (Knitting industry, 2023)

Voici quelques chiffres comparant les performances des systèmes implantés chez leurs clients, en analysant les données avant et après la mise en place de ces systèmes. Les chiffres montrent

également l'impact lorsque le système ne fonctionne pas pour une raison ou une autre, permettant ainsi de mesurer l'effet sur l'entreprise concernée lorsqu'elle est temporairement privée du système d'optimisation.

Le bilan carbone actuel lié à leur intervention est le suivant : 1200 tonnes d'économies de déchets, 11,1 millions de kWh d'énergie économisée, 130 millions de litres d'eau économisée et 2,7 millions de CO2 en moins de produit.

2.3.3 La phase de distribution

2.3.3.1 Gestion de la chaîne d'approvisionnement transparente

Tel que l'indique Deloitte, « *Les chaînes de valeur du secteur habillement et chaussure se caractérisent par une multitude d'étapes de transformation et leur éclatement mondial* » (Alliance du commerce & Deloitte, 2022). En d'autres termes, ce sont des activités interconnectées qui vont, selon Mr Lejeune, de l'approvisionnement en matières premières jusqu'à la livraison des produits aux clients en passant par la planification, la conception, la production, le transport, le stockage et la distribution.

La chaîne d'approvisionnement dans l'industrie de la mode comprend donc plusieurs étapes qui se déroulent tout au long du processus durant lequel la matière première est utilisée et traitée par diverses activités afin d'être transformée en produits finis.

Cette gestion transparente de la chaîne d'approvisionnement pour les consommateurs comprend également le processus, les personnes impliquées au fil de la chaîne d'approvisionnement, mais aussi la technologie ainsi que l'infrastructure nécessaire.

Comme le souligne M. Lejeune, il existe encore peu de connaissances sur l'impact de l'intelligence artificielle sur l'amélioration de la productivité et des performances de la chaîne d'approvisionnement. C'est pour cette raison que nous examinerons plus en détail l'impact de l'intelligence artificielle sur la création de valeur dans l'industrie du textile, tout en prenant en compte, d'autres considérations actuelles, telles que le respect de l'environnement.

Selon M. Lejeune, les outils informatiques intelligents peuvent résoudre certains problèmes et améliorer l'efficacité de la chaîne d'approvisionnement, en apportant par exemple une analyse sur le choix de tissu ou bien sur la réduction de déchets. Cependant, il souligne qu'une intervention humaine est toujours nécessaire pour valider les résultats des logiciels intelligents.

L'intelligence artificielle dans le processus de production permet une collaboration, centrée sur le client, entre l'humain et la machine. M. Lejeune souligne que les producteurs dans l'industrie de la mode utilisent un système de production appelé « *fabrication agile* », qui est connecté à la chaîne d'approvisionnement, c'est le cas pour la fast fashion.

Cette fabrication agile qui « *consiste à mettre encore plus l'accent sur une réponse rapide aux demandes changeantes des clients, fait référence au développement de processus et d'outils permettant de répondre rapidement aux besoins des clients* » (Guiheneuf, 2021).

L'agilité est donc la capacité de réagir de manière efficace aux changements, en ajustant rapidement le développement de produits tout en utilisant les outils de production de manière efficiente.

Pour les entreprises de fast fashion, M. Lejeune souligne que l'intelligence artificielle permet aux entreprises de réagir plus rapidement aux tendances, mais aussi de réduire le gaspillage de matières premières, assurer une rentrée de stock optimale et satisfaire la demande le plus précisément possible.

Grâce à l'intelligence artificielle, les producteurs peuvent voir en temps réel l'état de chaque machine de leur ligne de production depuis la chaîne d'approvisionnement de telle sorte à intensifier la vitesse de production.

Néanmoins, M. Lejeune met en évidence que l'automatisation du processus de production nécessite un investissement important pour le facteur humain qui doit le superviser. En effet, seul l'être humain peut commettre des erreurs, raison pour laquelle l'intelligence artificielle et le facteur humain sont à prendre en considération de manière complémentaire.

2.3.3.2 Optimisation intelligente des prévisions de demande et la gestion des stocks

La gestion des stocks est définie selon El Kadiri Boutchich Driss « *regroupe les activités d'achat et de stockage et se propose d'établir les références à tenir en magasin, de déterminer les quantités associées à ces références et de fixer les modes et les échéances de réapprovisionnement en respectant les conditions de coût, de délai et de qualité* » (El Kadiri, 2022).

La gestion des stocks par l'intelligence artificielle est essentielle dans le processus de vente. Elle permet d'un côté d'éviter toute rupture de stock, mais d'un autre côté de réguler le problème de surstockage. Tout ceci facilite la chaîne d'approvisionnement et diminue les coûts inutiles. Il est important d'évoquer, avant de parler de la gestion de stocks automatisés, les différentes étapes antérieures à la gestion de stocks : la collecte de données et la prédiction de la demande (AMITY SCHOOL OF FASHION TECHNOLOGY, 2023).

- 1) **La collecte des données** : au premier abord cela peut paraître l'étape la plus facile, mais dans la réalité ce n'est pas le cas. En effet, il est difficile de trouver une quantité suffisante de données qualitatives. Si les données sont de mauvaises qualités, cela peut nuire à l'efficacité des prédictions de l'intelligence artificielle. Une limitation qui impacte également directement ces prédictions sont les événements imprévisibles. Comme événements imprévisibles nous pouvons citer les crises économiques, les comportements changeant des consommateurs liés au fast fashion, les périodes de soldes, etc (Kremer, 2023).
- 2) **La prédiction de la demande** : le problème le plus compliqué est la prévision de la demande par le Machine Learning. En effet afin que celui-ci s'effectue au mieux, des données endogènes qui sont internes à l'entreprise, doivent lui être fournis. Ces données comme l'historique de vente ou encore la spécificité du marché permet au Machine Learning de développer des premiers résultats et prévisions. Si ceux-ci sont appréciés par les parties prenantes alors des données exogènes sont fournies en plus. Celles-ci peuvent reprendre la concurrence, le taux de change, les tendances etc. Le Machine Learning va donc emmagasiner ces nouvelles données et vérifier si les résultats et prévisions donnés auparavant sont corrects. La figure 13 reprend ces différents données (Phan et al., 2020).

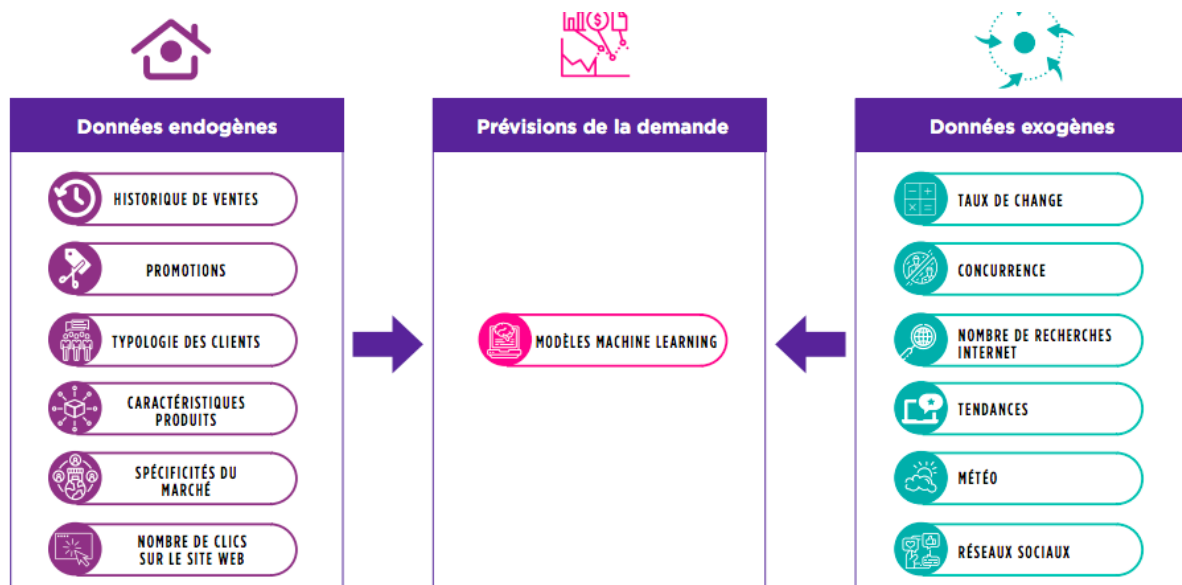


Figure 13- Schéma des données endogènes et exogènes comme aide à la prévision de la demande (Phan et al., 2020)

Une fois la collecte de données et la prédiction de la demande, l'intelligence artificielle peut s'intéresser de plus près à la gestion des stocks. Dans un premier abord elle optimisera celle-ci en tenant compte de la quantité de stock pour chaque produit. Cela paraît compliqué mais grâce aux « unités de stockage gérées par l'IA, le stock de chaque produit possède sa référence ce qui facilite le comptage. En effet, dès qu'un produit est vendu l'intelligence artificielle enregistre cette information. L'intelligence artificielle fait donc des statistiques sur les produits qui partent le plus facilement et par la suite calcule l'endroit le plus propice pour la vente de ce vêtement ou même suggère parfois de les vendre moins cher. L'intelligence artificielle arrive donc à capter les phénomènes de tendances de mode et grâce à elle cela augmente le taux d'écoulement des vêtements. Au deuxième abord, elle basera ses statistiques également sur la chance d'une deuxième vente. C'est pour cela qu'elle fera des estimations si un vêtement vendu aura la chance d'être à nouveau vendu. Cela permet donc de garder les produits en entrepôt et de les diversifier dans d'autres magasins qui sont plus sujets à vendre ce type de vêtement (Allouard, 2020).

En dehors de ces statistiques l'intelligence artificielle est surtout utilisée dans la gestion des stocks pour éviter toute rupture de stock ou inversement tout surstockage. Ce problème, qui paraît léger, est estimé, par la National Retail Federation, à des pertes de plus de 100 milliards de dollars chaque année rien qu'aux États-Unis. C'est donc là que l'IA intervient comme JustWalkOut, développé par Amazon. Non seulement elle assure la sécurité des clients et employés mais surtout elle permet de prévenir des pertes en temps réel afin de prévoir un stock toujours suffisant. Pour résoudre le surstockage elle se focalise sur le suivi afin d'être bien au courant de tout retour de marchandise au plus vite. Malheureusement comme toute intelligence artificielle elle doit être connectée à des réseaux de capteurs Internet afin de pouvoir traduire au plus rapidement toutes informations importantes à la prise de décisions d'une société de mode (Celier, 2023).

De plus, ces systèmes d'intelligence artificielle ne sont pas autonomes et ont actuellement toujours besoin de l'intervention de l'homme ; celui-ci reste le superviseur des opérations et se sert de ces systèmes comme outil d'aide pour faciliter le travail laborieux causé par des tâches répétitives. Vous

trouvez ci-dessous une liste exhaustive des principales applications qui fonctionnent grâce à l'intelligence artificielle dans le cadre de la gestion de stock :

- Ajustement des stocks grâce la régulation du sous-approvisionnement ou sur-approvisionnement. Les étagères intelligentes permettent d'informer en temps réel la personne responsable, des produits déjà en rupture de stock ou dont la rupture est imminente.
- Grâce à la prédiction de la demande, l'intelligence artificielle permet également d'optimiser le stock.
- La gestion des données clients et fournisseurs permet d'accélérer le processus de commande et en conséquent d'optimiser les flux de distribution et de stockage.
- Elle assure le contrôle des envois des commandes et informe immédiatement la ou les personnes désignées comme responsables, des éventuels oublis ou autre manquements (Post Industria, 2022).

A titre d'exemple la société Fashion Data a créé une plateforme composée d'une base de données partagées et puissantes à la demande du « groupe Mulliez (Fashion Cube, Kiabi, Tape à l'œil et Decathlon) », lequel subit une féroce concurrence des multinationales tels que Inditex et Amazon. Cette plateforme, nommée Data Tailor, propose trois sortes d'autopilotes basées sur l'intelligence artificielle dans le but d'aider dans la prévision de la demande ainsi que la gestion des stocks. Ces trois autopilotes sont Customer Suite Autopilot, Product Suite Autopilot et Store Suite Autopilot. Le Product Suite Autopilot concerne plus particulièrement la gestion des stocks.

Le « *Product Suite Autopilot* » a trois fonctionnalités :

- 1) **Demand forecast (prévision de la demande)** : Il s'agit d'une application Saas (Software as a Service), qui permet d'optimiser les prédictions des ventes ou des demandes pour chaque article d'une nouvelle collection. Celles-ci sont faites six mois à l'avance, en analysant les données des ventes précédentes de produits identiques ou similaires. L'objectif étant de calculer, en tenant compte du type de tissu, de la taille et de la couleur du vêtement, les ventes de la future collection à l'aide de modèles d'apprentissage automatique. Ceci a pour but d'acheter ou de produire uniquement ce que l'entreprise de vêtements est en mesure de vendre.

Pour que les algorithmes génèrent des prévisions fiables pour les ventes des nouvelles collections de vêtements plusieurs choses doivent être prises en compte :

- Les ruptures de stocks de la collection précédente
- L'analyse des agendas d'ouverture et de fermeture des boutiques, tels que les jours fériés et les périodes de soldes afin de ne pas avoir des statistiques erronées

De plus, un délai de 3 à 4 mois est nécessaire afin d'avoir une application complètement opérationnelle et configurée. Comme illustré dans la figure 14 plusieurs étapes sont requises pour avoir une application fiable à 100 pour cent.

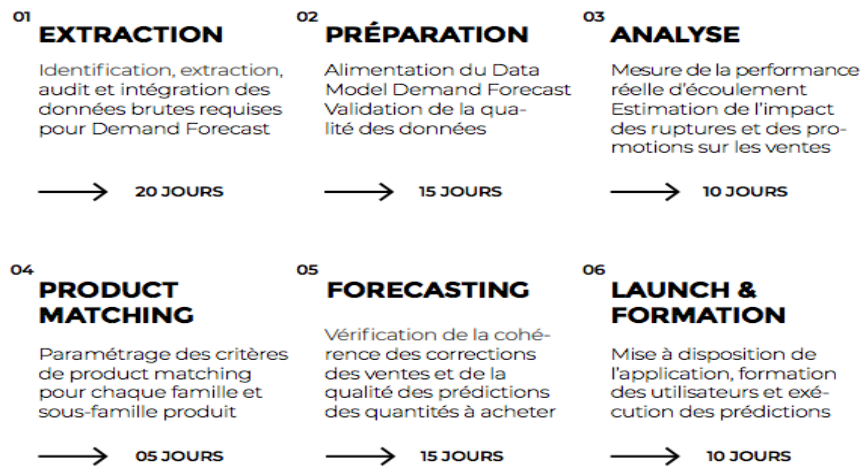


Figure 14- Étapes pour création de l'application Demand forecast (Fashiondata, s. d.)

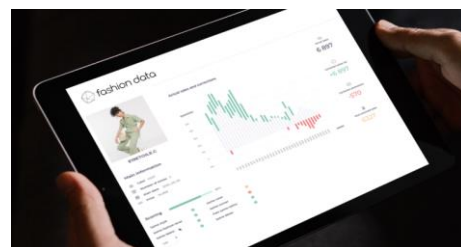
Une fois l'application prête à l'usage, il est important de mettre en avant le fonctionnement en temps réel de celle-ci. Sur la figure 15 cela commence par une proposition faite par les algorithmes sur des produits similaires qui seront pris en compte dans les prévisions ; ensuite, en fonction des objectifs de stock résiduels ainsi que du pourcentage des ventes hors soldes de chaque produit durant l'année précédente, l'application transforme les prévisions en quantités à acheter. Par la suite, une courbe de vie du produit est créée sur base des prévisions hebdomadaires, ce qui permet une meilleure gestion de la fréquence des ventes. De surcroît, l'application laisse la possibilité aux employés d'avoir accès à cette plateforme et de laisser des commentaires dans le but de mieux gérer les prévisions. Finalement cela résulte en un schéma qui précise la quantité nécessaire pour chaque taille de vêtement, afin d'éviter les ruptures ou surstocks (Fashion Data, s. d.-a).



Figure 15- Déroulement de l'application (Fashion Data, s.d. -a)

Depuis sa mise en fonction, cette application a permis au groupe Mulliez de :

- Réduire le nombre de ventes ratées par la faute d'un sous-stockage
- Réduire le taux de produits soldés et/ ou démarqués (la différence entre la valeur anticipée des ventes et ce qui a réellement été vendu)
- Contrôler ou ajuster le stock résiduel pour éviter le surstockage
- Réduire l'empreinte carbone
- D'augmenter ses marges bénéficiaires et son chiffre d'affaires annuel



2) **Order scheduling (planification des commandes)** : Il s'agit également d'une application qui se concentre sur l'anticipation des ventes potentielles. En fonction du déroulement des ventes, l'algorithme va planifier les agendas des commandes. Dans le cas où une pièce de vêtement se vend rapidement, il faudra la commander plus régulièrement afin d'avoir assez de stock dans l'entrepôt. À l'inverse, si cette pièce reste longtemps en magasin et n'est pas populaire au niveau des ventes, il faudra diminuer le nombre de commandes. Le rôle de l'intelligence artificielle se joue au niveau du temps de commande pour chaque pièce de vêtement en fonction de sa vente par application de calcul. Elle prend également en compte les réajustements de stocks en temps réel, donc anticipe et réajuste à chaque fois. Voici un exemple d'application, illustré dans la figure 16 (Fashion Data, s. d.).



Figure 16- Exemple d'application de planification des commandes (Fashion Data, s.d.)

3) **Sales reforecast (prévision des ventes)** : Cette dernière application est utilisée comme un contrôle du travail effectué par les deux autres fonctionnalités. Elle permet de vérifier une dernière fois et de réajuster si nécessaire les stocks, ainsi que de mieux connaître l'impact des réajustements sur le planning de livraison et l'atterrissage de fin de saison, tel qu'indiqué dans la figure 17 (Fashion Data, s. d.-c).

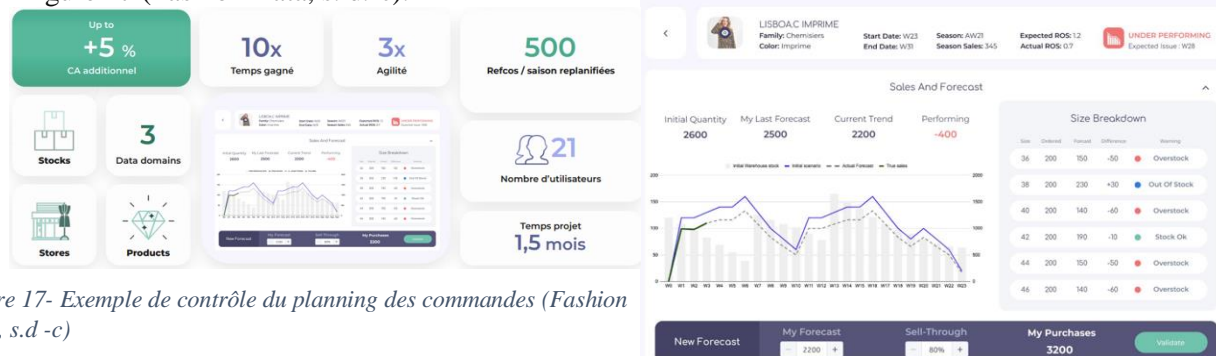


Figure 17- Exemple de contrôle du planning des commandes (Fashion Data, s.d.-c)

2.3.3.3 Optimisation des itinéraires de transport

L'optimisation des itinéraires de transport, qu'ils soient maritimes ou terrestres, permet aux entreprises de réduire efficacement les coûts opérationnels, la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre. Cette optimisation conduit également à des livraisons plus rapides, améliorant ainsi la satisfaction client et renforçant l'image de marque des entreprises. De plus, elle contribue à une gestion des stocks plus efficace en réduisant les ruptures de stock ou les surplus, tout en allégeant la pression sur les infrastructures de transport et en réduisant les embouteillages (Team, 2024).

Cependant, les chaînes d'approvisionnement ne sont pas toujours respectueuses de l'environnement, et se retrouvent face à la problématique de maintenir un équilibre entre la vitesse, la flexibilité, le coût et l'empreinte carbone optimale lors de l'expédition et de la livraison des marchandises. Les méga données et l'intelligence artificielle peuvent aider les organisations à bénéficier des itinéraires les plus rapides, les moins chers et les plus durables pour l'expédition, et à les combiner de manière transparente. En favorisant l'économie du partage et en permettant aux organisations de travailler ensemble, ces technologies peuvent contribuer à une gestion plus durable de la chaîne d'approvisionnement dans le secteur du textile (Boesch, 2024).

Les logiciels basés sur l'apprentissage automatique permettent la création automatisée d'itinéraires et une meilleure prévision de la demande, ce qui réduit les dépenses et améliore les opérations. Dans l'enquête McKinsey, les entreprises indiquent que leurs coûts logistiques ont diminué de 15% après la mise en œuvre des technologies d'automatisation (McKinsey & Company, 2021).

En effet, il existe trois domaines très spécifiques dans lesquels ces technologies peuvent être appliquées pour créer une chaîne logistique intelligente et efficace : l'expédition collaborative, la synchromodalité ²et *deep machine learning* (OpenAI, 2024). Nous allons nous concentrer sur le « *deep machine learning* » qui parmi ces trois applications est la seule sur laquelle l'intelligence artificielle a un impact. Selon Gaudenz Boesch il définit ceci comme étant "*une technique dans un domaine plus large de l'intelligence artificielle (IA) et de l'apprentissage automatique. Il vise à permettre à un agent (un système d'IA) d'apprendre à prendre des décisions en interagissant avec un environnement*" (Boesch, 2024).

Le *deep machine learning* permet aux intelligences artificielles de former des algorithmes capables de prendre des décisions complexes et durables dans le domaine de la logistique, comme déterminer la quantité de produits à expédier, le moment optimal pour le faire, ainsi que le mode de transport le plus adapté (Gijssbrechts, 2020).

Les capacités d'optimisation des itinéraires sont multiples, notamment grâce à l'analyse des données de trafic en temps réel pour maximiser l'efficacité des trajets. Les modèles d'apprentissage automatique vont encore plus loin en prévoyant même les conditions de circulation futures. En

² La synchromodalité est selon OpenAI '*concept logistique avancé qui implique l'utilisation flexible et intégrée de plusieurs modes de transport (par exemple, routier, ferroviaire, maritime, fluvial, aérien) pour le déplacement de marchandises, tout en permettant de passer d'un mode à l'autre de manière fluide en fonction des conditions réelles (comme les coûts, les délais, la disponibilité des infrastructures ou les conditions environnementales)*'.

analysant les schémas de circulation historiques et en prenant en compte des facteurs tels que la météo, les vacances et les événements spéciaux, l'IA peut anticiper les durées de trajets ainsi que la consommation de carburant. Grâce à ces prévisions, elle peut ajuster les itinéraires pour rester aussi durable que possible (Container News Team, 2023).

A titre d'exemple, **Omdena** est une plateforme collaborative qui réunit diverses équipes de scientifiques, d'experts métier et d'organisations pour résoudre des problèmes concrets en utilisant l'IA et l'apprentissage automatique. Ils organisent des défis et des projets axés sur la résolution de problèmes mondiaux et des initiatives à impact social et environnemental en tirant parti du pouvoir de l'intelligence collective. Les participants collaborent à distance pour développer des solutions d'IA, partager des connaissances et promouvoir un changement positif dans divers domaines tels que la santé, la préservation de l'environnement, l'aide humanitaire, etc.

Exemple de cas : La société belge « VPD-First and Last Mile Delivery » a fait appel à Omdena car elle rencontrait différents problèmes au niveau de sa logistique, tels que des délais de livraison accrus en raison de la congestion routière, des coûts de livraison plus élevés à cause d'itinéraires inefficaces, et une insatisfaction client due aux retards de livraison.

La solution qui a été proposée par Omdena est la suivante : Ils ont réuni une équipe d'experts en IA ainsi que de professionnels de la livraison de la société Carryt dans le but de développer et déployer des solutions d'optimisation d'itinéraires. L'équipe a utilisé diverses sources de données, y compris les emplacements des clients, la capacité des véhicules et les conditions de circulation, pour entraîner des modèles d'IA capables de générer des itinéraires de livraison optimaux.

Les stratégies d'intelligence artificielle ont été intégrées au système de livraison déjà en place dans l'entreprise afin de concevoir et de déployer des itinéraires de livraison plus efficaces. Grâce à ces solutions, les planificateurs de livraison ont pu élaborer des itinéraires optimisés entraînant ainsi une réduction notable des délais et des coûts de livraison.

Grâce à la mise en place ces solutions, l'entreprise a pu constater une réduction de 10 % des délais de livraison, une diminution de 5 % des coûts de livraison et une augmentation de 20 % de la satisfaction clientèle.

L'implémentation réussie de ces solutions a permis d'optimiser les itinéraires de livraison en Amérique latine grâce à l'utilisation de l'IA pour la planification. Ce projet visait à améliorer la logistique tout en réduisant la congestion urbaine en tirant parti des capacités de l'intelligence artificielle pour l'optimisation des itinéraires, bénéficiant ainsi à la fois aux chauffeurs et aux clients. Les efforts de l'équipe ont abouti au développement d'une solution durable et à fort impact pour la logistique du dernier kilomètre (Carryt) dans des villes congestionnées telles que Bogotá (Omdena, 2023).

2.3.4 La phase vente

2.3.4.1 Le support client et commandes

L'expérience client joue un rôle essentiel dans l'industrie de la mode, comme l'indique Rose Carole dans sa « Proposition d'amélioration de l'expérience online de la clientèle belge de l'entreprise Smets via la détection de certains stimuli atmosphériques problématiques du site web ». Ce rôle est particulièrement crucial dans le contexte des entreprises de vente au détail de fast fashion.

De ce fait, offrir un service de qualité et personnalisé offre une expérience unique et différenciée qui favorise ainsi la fidélité du client à la marque.

Selon M. Lejeune, l'implication de l'intelligence artificielle dans ces domaines permet d'effectuer des recommandations aux consommateurs, faisant référence au processus par lequel les entreprises proposent différentes options d'achat, comme les achats combinés (BRUEL & MÉNAGE, 2019).

En tant qu'exemple concret de l'utilisation de l'intelligence artificielle pour le support client, citons les chatbots, qui peuvent offrir commodité et précision lors de la réponse aux demandes des consommateurs (European Parliament, s. d.).

Le programme phénoménal ChatGPT d'OpenAI et les modèles d'IA générative similaires, tels qu'AutoGPT et d'autres agents d'IA, peuvent être utilisés dans la logistique avec les cas d'utilisation les plus impactants autour de l'automatisation des flux de travail et de l'expérience client. Par exemple, ChatGPT peut être employé pour développer des chatbots qui fournissent aux clients une assistance en temps réel, comme répondre plus rapidement aux requêtes, fournir des mises à jour de commande et résoudre les plaintes, réduisant ainsi de manière exponentielle les temps d'attente et de réponse. À l'avenir, ces systèmes seront encore développés et seront probablement capables de résoudre certains problèmes d'accès aux données et de droits sur les données existants aujourd'hui. Les capacités de ces systèmes se développent de manière exponentielle, avec des cas d'utilisation de plus en plus précis qui pourraient faciliter la résolution de problèmes et améliorer l'expérience globale de la clientèle (La Face, 2023).

2.3.4.2 Le renvoi de commandes en ligne

Une autre problématique récurrente liée à une mauvaise gestion de la durabilité dans le secteur du textile est le renvoi des commandes d'achats en ligne, qui représente une proportion de 30 à 50 % des achats en ligne (Scient, 2021). Ceci représente 8000 vols Paris-Amsterdam en émission de CO₂.

En réalité, un rapport fait par l'Agence européenne pour l'environnement en partenariat avec l'institut flamand de recherche technologique déclare que 43 % des vêtements renvoyés aux producteurs sont détruits ; ensuite 25% d'entre eux sont brûlés, 15 % déchiquetés et 3 % transportés vers des décharges.

Dans la figure 18, des montagnes de vêtements usagés sont aperçues dans le désert d'Atacama. L'endroit où sont déposés les vêtements dans ce désert couvre une superficie d'environ 30 hectares, soit 300 000 mètres carrés (Renoulet, 2023).

Cela démontre que **La loi Anti-Gaspillage pour l'Économie Circulaire (AGEC)**, est contournée par la plupart des industries du textile. En effet, celle-ci, entrée en vigueur le 1er janvier 2022, interdit à toute entreprise de brûler ou de jeter les vêtements invendus (Laurène, 2024).

Malgré cette loi, une énorme quantité de retours de vêtements entraîne une pollution considérable. Ceci est dû, entre autres, aux politiques de renvoi, souvent gratuites. Les acheteurs n'hésitent pas à en abuser au moindre mécontentement. Cependant, certaines enseignes de fast fashion, comme Zara, facturent désormais les retours à 1,95 euro. Cette mesure pourrait réduire significativement le nombre de retours. Malgré tout, au vu des statistiques mentionnées précédemment, on peut se demander si ces enseignes se préoccupent réellement de leur empreinte écologique. En effet, cette taxe sur les retours de vêtements paraît simplement être un avantage économique (Coppens, 2024).



Figure 18- Vêtements usagés du désert d'Atacama (Mondialisation, 2022)

Avant de s'intéresser aux raisons du grand nombre de retours de commandes, il est important de comprendre l'évolution des achats en ligne. Comme le montre la figure 19, l'augmentation de l'e-commerce s'est faite fortement ressentir à partir de 2019. Cela peut s'expliquer en grande partie par la pandémie de COVID-19 qui a frappé le monde entier à cette période. Le confinement a engendré des changements dans le comportement d'achat des consommateurs (Swysen, 2023).

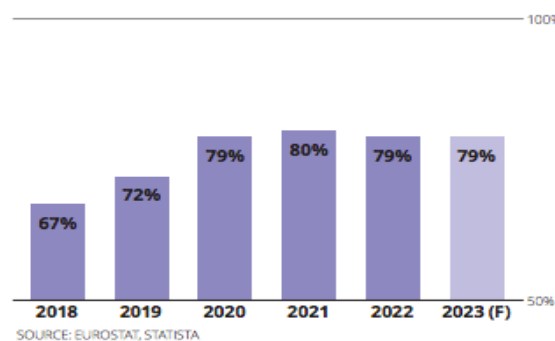


Figure 19- Pourcentage d'internautes ayant acheté en ligne des biens et services (E-Commerce Europe et al., 2023)

Une telle augmentation des commandes en ligne engendre forcément un plus grand nombre de retours, d'autant plus que l'acheteur n'a pas le même rapport à la marchandise qu'il n'a pas vue directement à l'œil nu. Par conséquent, il est primordial de comprendre les raisons de ces retours afin d'y remédier. Une étude menée par Coresight Research, axée sur les principales raisons des retours de commandes en ligne, montre que 53 % sont dus à la taille, 16 % à la couleur et 10 % à des dommages (entre autres, les vêtements abîmés), comme illustré dans la figure 20 (Chan, 2023).

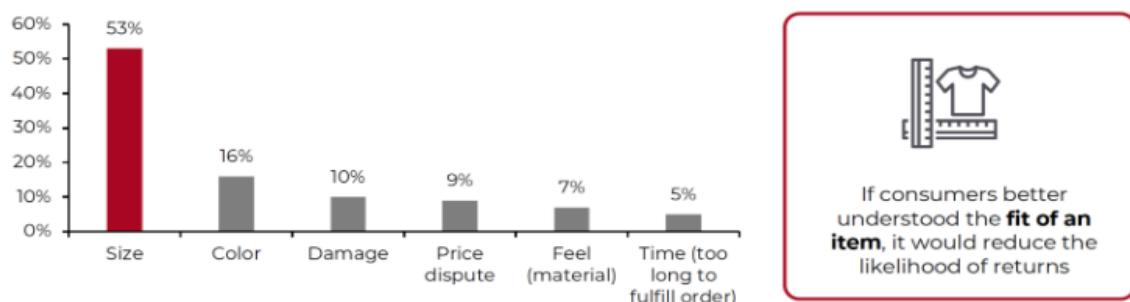


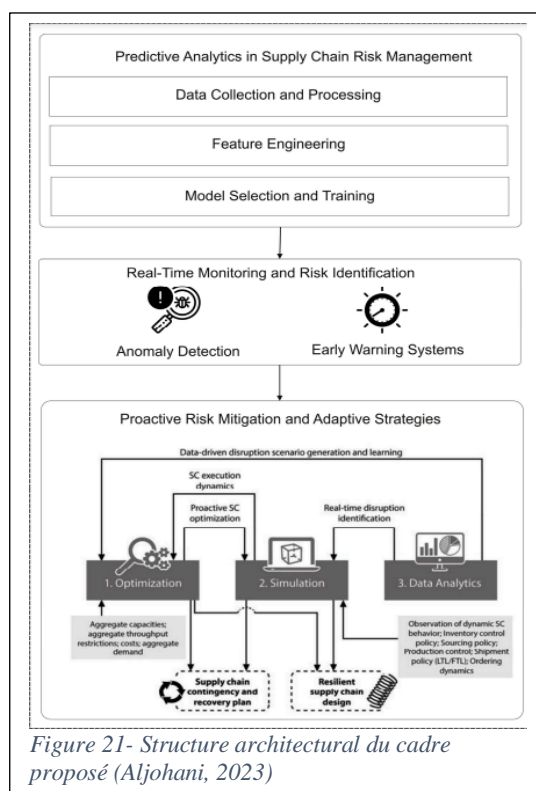
Figure 20- Raisons de retour de commandes d'achat en ligne (% de répondants) (Chan, 2023)

Néanmoins, une enquête publiée dans le rapport d'e-commerce européen de 2023 démontre que certains pays, tels que la Belgique, seraient fortement engagés dans l'application de solutions concernant les retours de commandes en ligne. Notamment, 83 % des boutiques en ligne auraient modifié les informations concernant les produits pour les rendre plus claires et plus précises. De plus, la détérioration des retours a été limitée à 74 % grâce aux ventes et reconditionnements, 9 % de réaffectation d'articles en seconde main, et encore 5 % donnés (E-Commerce Europe et al., 2023).

Compte tenu du fait que les problèmes de taille sont la principale raison des retours de commandes, une solution plus innovante existe. Une étude supervisée par BeCommerce sur le problème majeur du réajustement de taille est l'utilisation de l'intelligence artificielle dans le cadre de la réalité augmentée. Le concept des cabines d'essayage virtuelles et de visualisation de produits en trois dimensions permet une diminution de 55 % des retours de commandes (Van Driessche, 2023).

Le bon fonctionnement d'une telle technologie repose sur une collecte de données efficace, basée sur un contexte bien défini. Dans ce cas, le modèle de langage d'apprentissage peut être entraîné à détecter des anomalies indiquant une menace. Par menace, on entend certains risques imprévisibles, comme les retours de commandes pour diverses raisons. Cette technologie permet d'analyser les risques en offrant une vision différente, permettant ainsi d'envisager des solutions efficaces pour gérer des interruptions possibles. Ainsi, les anomalies et les signes de futurs problèmes peuvent être repérés dans la chaîne d'approvisionnement, ce qui permet aux entreprises de contrer ces dysfonctionnements à l'avance.

Pour mieux comprendre comment l'apprentissage automatique peut détecter des anomalies, il est nécessaire de comprendre la structure architecturale du cadre pour renforcer la gestion des risques de la chaîne d'approvisionnement, tel qu'indiqué dans la figure 21.



Afin d'analyser les risques potentiels dans la chaîne d'approvisionnement, il y a trois étapes cruciales à comprendre. La première étape est la collecte de données historiques, associée aux connaissances et au savoir-faire des ingénieurs spécialisés dans ce domaine. Il faut également prendre en compte le modèle de langage et d'apprentissage pour bien sélectionner le modèle adéquat. La deuxième étape concerne le monitoring et l'identification des risques, tels que les anomalies détectées ou un système d'alarme précoce. Cela permettra d'être proactif et de réaliser des actions concrètes, ce qui évitera ce genre de risque et permettra d'adapter la future stratégie en surmontant ces problèmes (Aljohani, 2023).

2.3.4.2.1 Les cabines d'essayage virtuelles en ligne

Une des solutions prometteuses offertes par l'intelligence artificielle et la réalité augmentée est la cabine d'essayage virtuelle, qui se trouve dans les magasins de prêt-à-porter, mais également sur les sites d'e-commerce. La cabine d'essayage virtuelle permet d'optimiser le temps, car elle offre la possibilité d'essayer les vêtements de chez soi, au lieu de devoir se rendre en magasin. De plus, elle permet également de réduire l'empreinte écologique grâce à l'absence de déplacements et à une diminution des retours de vêtements. On peut dès lors conclure qu'elle renforce la satisfaction ainsi que l'expérience du client, permettant au consommateur final d'analyser son achat plus précisément et de faire davantage confiance aux tailles et aux couleurs, par exemple (Lechien, 2023).

Concernant les magasins de prêt-à-porter, la problématique des retours de commandes se fait sentir en raison de l'achat de plusieurs tailles, afin que les consommateurs puissent essayer et renvoyer les mauvaises tailles. Le fonctionnement de ces cabines repose sur le scanning de l'étiquette du produit. Ensuite, l'application intégrée dans la cabine d'essayage affiche le vêtement comme si le consommateur le portait dans la vie réelle. Cette fonctionnalité donne au consommateur la possibilité de changer la taille et la couleur du vêtement sans devoir se déplacer dans le magasin (Chan, 2023).

En ce qui concerne certains sites d'e-commerce (par exemple, H&M, LaRedoute, Zalando, etc.), il existe une technologie similaire à la cabine 2.0, qui consiste à créer un avatar personnalisé (équivalent d'un patron). Le consommateur crée un double virtuel avec ses mensurations exactes. Le fonctionnement de cette technologie de numérisation du corps humain en trois dimensions consiste à récolter un maximum de données pour les marques, qui enregistrent des avatars personnalisés. Pour la collecte de données auprès des marques, des outils comme Bluestone PIM, qui disposent d'un catalogue d'informations sur les produits, sont utilisés. Ceux-ci proposent l'utilisation intelligente des données relatives aux avatars 3D. Une autre entreprise, nommée Fitmatch AI, offre la solution de scanner plusieurs milliers de personnes avec tous types de corpulences afin de créer un nombre très important de modèles types (Derlon & Mark, 2024).

Comment cela fonctionne-t-il ? Si le client est à domicile, il peut utiliser le scanner de son appareil photo via une application pour obtenir ses mensurations exactes. Une fois recueillies, celles-ci sont comparées avec celles d'une base de données importante afin de trouver la meilleure correspondance. Le scan obtenu est également ajouté à la base de données de l'entreprise, ce qui lui permet de continuer à s'améliorer en continu (Fitmatch.AI, s. d.).

La marque qui utilise ce système aura ainsi l'occasion de créer un ajustement presque parfait pour chaque vêtement. Une analyse effectuée par Core Insights révèle que, grâce à l'utilisation de ce système, les entreprises auraient augmenté leur taux de conversion de 80 % (Chan, 2023).

Cependant, l'impact émotionnel de cette technologie a révélé la déception de certains consommateurs face à leur avatar et à ses dimensions, par exemple. À ce jour, il faut noter que l'avatar obtenu par le scanner ne correspond pas toujours exactement à un avatar trouvé dans les bases de données existantes des entreprises, ce qui engendre parfois des défauts dans la perception des vêtements (Kemelmacher-Shlizerman, 2023).

Plusieurs entreprises se sont prêtées à ce jeu en créant des IA similaires à **TryOnDiffusion**. L'image 22 ci-dessous montre les résultats obtenus avec ces différentes IA. On remarque que plusieurs défauts y persistent, comme par exemple avec l'IA HR-VITON, où les dessins et les couleurs se déforment.



Figure 22- Résultat des différentes IA et TryOnDiffusion (Zhu et al., 2023)

Malgré tout, on constate ici que l'IA TryOnDiffusion a pu résoudre la plupart des problèmes du passé. C'est grâce à la diffusion des pixels que celle-ci rend l'essayage virtuel presque parfait (Zhu et al., 2023). Le processus derrière cette intelligence artificielle est illustré sur la figure 23 ci-dessous, où l'on observe une diffusion continue et évolutive des pixels, ce qui permet d'obtenir des résultats cohérents.

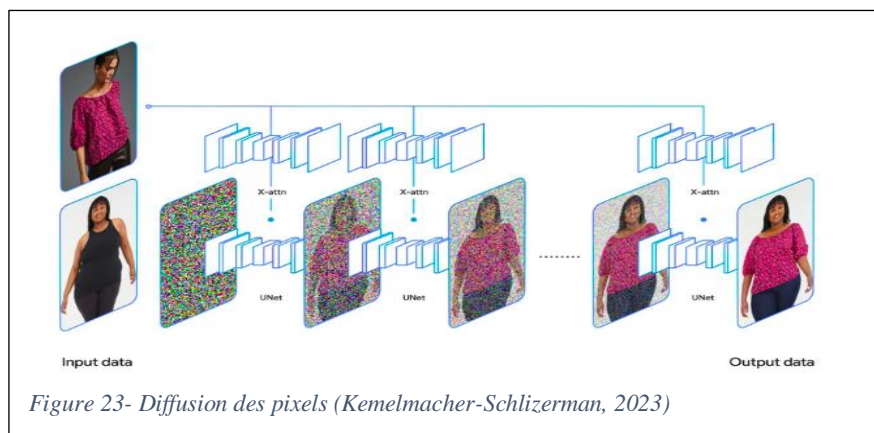


Figure 23- Diffusion des pixels (Kemelmacher-Schlizerman, 2023)

Cependant, cette application d'intelligence artificielle peut encore être améliorée. Actuellement, trois limitations sont identifiées :

- 1) Des limites au niveau de la représentation identitaire d'une personne (indépendamment des vêtements), telles que les tatouages ou les caractéristiques musculaires, sont dues à l'utilisation du modèle de couleurs RVB (rouge, vert, bleu) pour les images numériques.
- 2) Des limites au niveau du haut du corps, car cette approche n'a pas encore été mise à l'épreuve pour un essayage virtuel du corps complet.
- 3) Des limites concernant les arrière-plans blancs se trouvant derrière les images principales des mannequins portant les vêtements (Zhu et al., 2023).

2.3.4.2.2 Expérience du shopping personnalisé

Prenons le cas du consommateur qui fait du shopping en magasin ou en ligne et qui est confronté à un large éventail de produits, tels que des vêtements. Il arrive souvent que le consommateur ne trouve pas exactement ce qu'il cherche et se rabatte alors sur un produit de substitution. Parfois, par paresse, le consommateur achète un produit sans l'avoir essayé, ce qui engendre souvent un retour en raison de son insatisfaction. Selon une étude menée par les experts en marketing Vincenzo Riili et Linda Bezze pour Google et Vogue, il a été constaté que les consommateurs obtiennent des résultats surprenants grâce à l'utilisation de l'intelligence artificielle pour une expérience de shopping personnalisée et pour développer des pratiques durables. Il en ressort que 43 % des consommateurs seraient prêts à dépenser plus de 10 % en plus pour du shopping personnalisé (Riili & Bezze, 2023).

Une solution existante est l'expérience de shopping personnalisé grâce à l'utilisation d'algorithmes d'intelligence artificielle. Cette expérience est construite sur la base des préférences individuelles du client, de son historique d'achats et de son comportement. Afin de limiter les retours de commandes, le shopping personnalisé s'est développé grâce à l'intelligence artificielle. Celle-ci cerne la personnalité de l'utilisateur en se basant sur la collecte d'informations provenant de diverses sources. Ces informations sont ensuite utilisées pour offrir des recommandations, des contenus et des prix adaptés aux clients. Cela entraîne une augmentation de la satisfaction client ainsi qu'une fidélité accrue envers l'entreprise, qui propose une expérience plus attrayante et pertinente. De plus, cette approche contribue à réduire les retours de commandes et, par conséquent, la pollution (A. Team, 2023).

De plus, l'intelligence artificielle permet de mettre en avant certains produits plus éco-responsables, durables et éthiques. Le contenu personnalisé peut informer les consommateurs sur l'impact environnemental de leurs choix et encourager des habitudes d'achat plus durables, permettant ainsi aux consommateurs de faire des choix plus respectueux de l'environnement (Salesforce, s. d.).

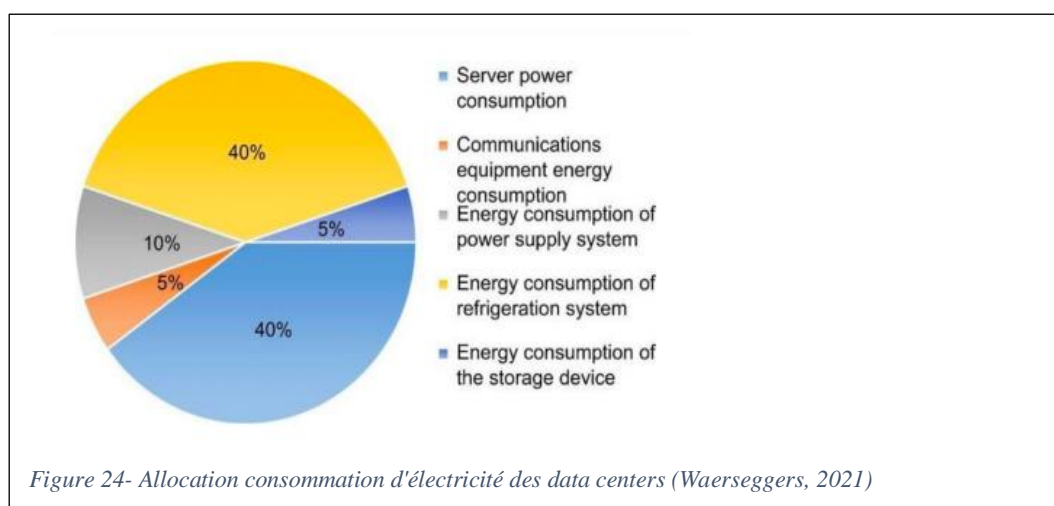
2.4 L'empreinte carbone de l'intelligence artificielle

2.4.1 Les composants de l'empreinte carbone de l'intelligence artificielle

Cette section présente les liens entre l'intelligence artificielle et la consommation énergétique liée à son utilisation, tant au niveau électrique que de la consommation d'eau ou de matières premières non durables. En effet, malgré les bienfaits indéniables de l'intelligence artificielle et des nouvelles technologies, il est impératif de prendre sérieusement en considération leur empreinte écologique.

Sasha Luccioni, chercheuse en intelligence artificielle et responsable climat pour l'entreprise Hugging Face, souligne que l'intelligence artificielle utilise 30 à 50 fois plus d'énergie que les technologies utilisées par le passé pour une même tâche. Cette forte consommation est due aux larges modèles de langage (LLM) qui utilisent des GPU (ordinateurs très puissants fonctionnant en continu dans des centres de données). Il est estimé que l'utilisation de ces GPU consomme entre 2 et 3 % de l'électricité mondiale par an (Radio-Canada.ca, 2024) et qu'ils seraient responsables de 4 % de nos émissions de gaz à effet de serre (Dallaire-Nicholas, 2021). En 2022, ces centres de données auraient consommé environ 460 térawattheures (TWh) d'électricité dans le monde. De plus, ces quantités pourraient doubler, voire tripler, d'ici 2026, selon les estimations (Çam et al., 2024). À titre de comparaison, la consommation annuelle de la Belgique en électricité est de 130 TWh.

La figure 24 ci-dessous détaille la répartition de la consommation d'électricité de ces centres de données en termes de pourcentage. On voit que 40 % sont liés au stockage des données, que 40 autres pourcents sont nécessaires pour le refroidissement des systèmes informatiques, et que les 20 % restants concernent les serveurs, les équipements de communication et les systèmes d'alimentation (Çam et al., 2024).



Même si ces chiffres sont assez représentatifs, ils ne prennent pas en compte la problématique de décentralisation et de refroidissement des centres de données par une boucle fermée d'eau. D'une part, il est prouvé qu'un système centralisé est plus énergivore qu'un système décentralisé, étant donné que ce dernier permet des transferts de données sur de plus petites distances, ce qui nécessite moins d'électricité (Noa, 2024). D'autre part, le processus de boucle fermée nécessite de l'électricité. En effet, au départ, l'eau est refroidie à une température ambiante située entre 20 et 25 °C par des unités de réfrigération électriques.

Il existe également un autre système de refroidissement pour l'eau appelé le "free chilling", qui consiste à récupérer l'air extérieur dans le but de diminuer la température de l'eau par échange de chaleur. Malheureusement, le "free chilling" de l'eau ne fonctionne que lorsque les températures extérieures sont suffisamment basses. L'eau froide est alors envoyée au cœur du système afin d'insuffler de l'air frais sur les équipements informatiques. Ensuite, selon le principe de la boucle fermée, l'eau réchauffée retourne dans les systèmes de réfrigération pour être refroidie à nouveau (Grandmontagne, 2023). Si ce système peut paraître écologique en termes d'usage de l'eau, il ne l'est pas en termes de consommation électrique.

Étant donné que les centres de données doivent maintenir une température ambiante basse afin d'éviter tout risque d'incendie, et que le processus de refroidissement de l'eau nécessite une forte consommation d'électricité, cette méthode de refroidissement est rarement utilisée. Par conséquent, l'eau réchauffée est souvent directement rejetée à la fin du processus dans les rivières voisines. Cela permet de réduire la consommation d'énergie au détriment d'une utilisation et d'une pollution plus importantes de l'eau et des écosystèmes (Grandmontagne, 2023).

À titre d'exemple, il semble que Google utiliserait annuellement 25 millions de mètres cubes d'eau pour refroidir ses processeurs, une quantité qui correspond à la consommation annuelle de 10 700 ménages wallons. Septante pour cent de l'eau utilisée par Google est évaporée lors du refroidissement, et les 30 % restants sont renvoyés dans des rivières. Microsoft, quant à lui, consommerait environ 84 millions de mètres cubes d'eau par an (Munster, 2023).

Un autre aspect à prendre en compte entre l'IA et l'environnement réside dans la nécessité d'utiliser des matières premières. L'extraction des métaux rares génère une importante pollution, car il faut excaver des tonnes de roches pour obtenir quelques kilogrammes de matériaux. De surcroît, les terres rares ont des propriétés très semblables, et leur séparation nécessite l'usage de produits acides. Soixante mille mètres cubes de déchets gazeux contenant de l'acide chlorhydrique et 1 à 1,4 tonne de déchets radioactifs sont générés pour obtenir une tonne de terres rares, et 200 m³ d'acide sont rejetés dans l'eau (Moerman, 2021).

Les équipements informatiques sont fabriqués à base d'aluminium, de cuivre, de fer et de plastique. La fabrication d'un ordinateur de 2 kilogrammes nécessite 600 kilogrammes de matières premières (Noa, 2024).

Les composants électroniques, produits à base d'or, de cobalt, de lithium, de gallium et bien d'autres, sont extraits et raffinés par des méthodes spécifiques utilisant des acides ou des produits toxiques tels que le cyanure. En 2019, 53,6 millions de tonnes de déchets électroniques ont été produits dans le monde, dont seulement 17,4 % ont été recyclés (Moerman, 2021).

L'extraction et le raffinage de la plupart de ces matériaux nécessitent énormément d'énergie et génèrent un impact écologique considérable.

C'est ici qu'un paradoxe naît entre l'IA et le recyclage. En effet, d'un côté, l'IA se développe et utilise des matériaux qui doivent être recyclés, et d'un autre côté, elle est mise en avant pour améliorer le recyclage de ces matériaux, voire même pour en limiter l'usage et optimiser la production (Kieffer, 2022).

Heureusement, pour contrer ces problèmes environnementaux, et compte tenu de l'expansion du domaine de l'intelligence artificielle, de nombreuses recherches à grande échelle sont menées sur ses performances. Ces recherches visent, entre autres, à réduire la consommation d'électricité liée à l'IA. De nos jours, la prise de conscience de l'impact écologique de l'intelligence artificielle demeure limitée en raison de sa nature intangible. Tandis que les robots sont plus facilement observables, l'utilisation de l'intelligence artificielle pour effectuer des tâches suscite souvent peu de réflexion chez les individus. De plus, les centres de données, éléments clés de l'infrastructure de l'IA, sont

généralement implantés loin de nos lieux de vie, ce qui rend leur impact moins évident lors des prises de décision relatives à cette technologie (Radio-Canada.ca, 2024).

2.4.2 Initiative d'aide pour une intelligence plus écoresponsable

Comme cela a été développé dans la section 2.4.1, les centres de données consomment une quantité significative d'énergie. Face à cette problématique, plusieurs solutions peuvent être envisagées pour contribuer à réduire cette consommation énergétique.

2.4.2.1 Le système de refroidissement écoénergétique

À ce jour, 95 % des centres de données utilisent encore la technique de refroidissement par air conditionné, qui est bien plus énergivore que le refroidissement par liquide (El Mernissi et al., 2023). Grâce aux avancées innovantes, de nouvelles techniques de refroidissement ont été créées, telles que le refroidissement direct par liquide, l'utilisation de l'intelligence artificielle DeepMind et le « free cooling ». L'implémentation de ces nouvelles solutions nécessite d'être adaptée aux environnements des centres de données modulaires, hyperscales (architecture informatique facilement et massivement évolutive) et périphériques.

- 1) **Le refroidissement par liquide** : Des experts de chez NVIDIA et VERTIV montrent que si $\frac{3}{4}$ du système est refroidi par eau et $\frac{1}{4}$ par air, cela permet d'économiser environ 15 % de la consommation en électricité. Quoi qu'il en soit, il reste plus efficace d'utiliser de l'eau refroidie par échange de chaleur que de l'air refroidi par de l'eau. Le seul problème réside dans la protection électrique, afin de s'assurer que celle-ci soit parfaitement étanche à l'eau (VERTIV, 2023).
- 2) **DeepMind** : Cette application, créée par des experts en intelligence artificielle en collaboration avec Google, a pour but d'optimiser la consommation d'énergie liée au refroidissement. Elle permet d'identifier les actions qui minimisent le refroidissement par eau et vérifie si ces mêmes actions sont possibles sur le plan de la sécurité. Cela réduit non seulement le recours au refroidissement par eau, mais aussi la consommation d'électricité (Gros, 2018).
- 3) **Free cooling** : Différent du « free chilling », il capte également l'air extérieur et s'en sert pour refroidir directement les équipements informatiques. Cette technologie réduit jusqu'à 63,6 % la consommation d'énergie (Kaced, 2019). Elle est dépendante des températures extérieures, du taux d'humidité et des polluants présents dans l'air. Même si l'air est filtré avant de pénétrer dans le système afin d'en extraire la plupart des polluants, cette technologie n'est malheureusement pas applicable dans toutes les zones géographiques de la planète (Nortek Air Solutions, 2015). C'est pour cela que, dans les pays les plus chauds, un système de pulvérisation est ajouté afin de refroidir l'air de quelques degrés. Cela reste bénéfique car le système de pulvérisation de gouttelettes d'eau consomme très peu d'énergie en comparaison avec les systèmes de réfrigération (Grandmontagne, 2023).

Ces trois méthodes permettent de diminuer l'empreinte carbone due à la consommation énergétique tout en maintenant un système de refroidissement efficace des installations. En plus de celles-ci, un

autre aspect important à prendre en considération est la récupération de la chaleur : l'eau réchauffée est utilisée dans une autre application qui nécessite de la chaleur. Cela permet de refroidir naturellement cette eau et de réutiliser ses calories gratuitement.

2.4.2.2 *Miser sur des processus et des architectures plus efficaces*

Boris Gamazaychikov, responsable de la réduction des émissions de gaz à effet de serre chez le fournisseur SaaS Salesforce, confirme qu'une utilisation d'une intelligence artificielle spécialisée réduit la puissance nécessaire pour l'entraînement de celle-ci, ce qui entraîne une diminution de la consommation d'électricité. Cette approche implique la création de modèles spécifiques pour des cas d'utilisation spécifiques plutôt que polyvalents. Salesforce utilise un principe d'entraînement en plusieurs étapes appelées « époques », au cours desquelles certaines données sont légèrement modifiées. Cette technique permet une réduction de la consommation d'énergie, car le travail des processeurs est ciblé.

Ils proposent également d'utiliser des logiciels libres, qui sont des programmes informatiques accessibles à tous, modifiables et partageables gratuitement. Ces logiciels permettent de découvrir des modèles préalablement entraînés pour diverses tâches, comme Llama-2 de Meta. Grâce à cette base, plus de 13 000 variations ont été créées, et elles ne nécessitent aucun pré-entraînement, ce qui permet de réduire les calculs et les émissions de CO₂ (Scheier & Fléchaux, 2024).

Deux catégories d'IA spécialisées existent actuellement : les symboliques et les connexionnistes :

- **Les IA symboliques** : Elles se basent sur un principe de règles. Elles n'utilisent donc pas de données, mais plutôt un principe de questionnement « si..., alors... ». Celles-ci sont utilisées dans des domaines tels que la médecine afin d'aider à la prise de décisions.
- **Les IA connexionnistes** : Ce sont des IA bien connues, telles que ChatGPT, qui fonctionnent uniquement sur des bases de données. Elles sont utilisées dans des domaines comme le textile, par exemple, afin de comparer au mieux les données et d'en ressortir une solution.

Il est donc primordial de bien choisir le type d'IA en fonction du problème ou de l'action à résoudre (Aubert, 2023).

2.4.2.3 *Optimisation des modèles LLM et des algorithmes*

Optimisation des modèles de « large model language »

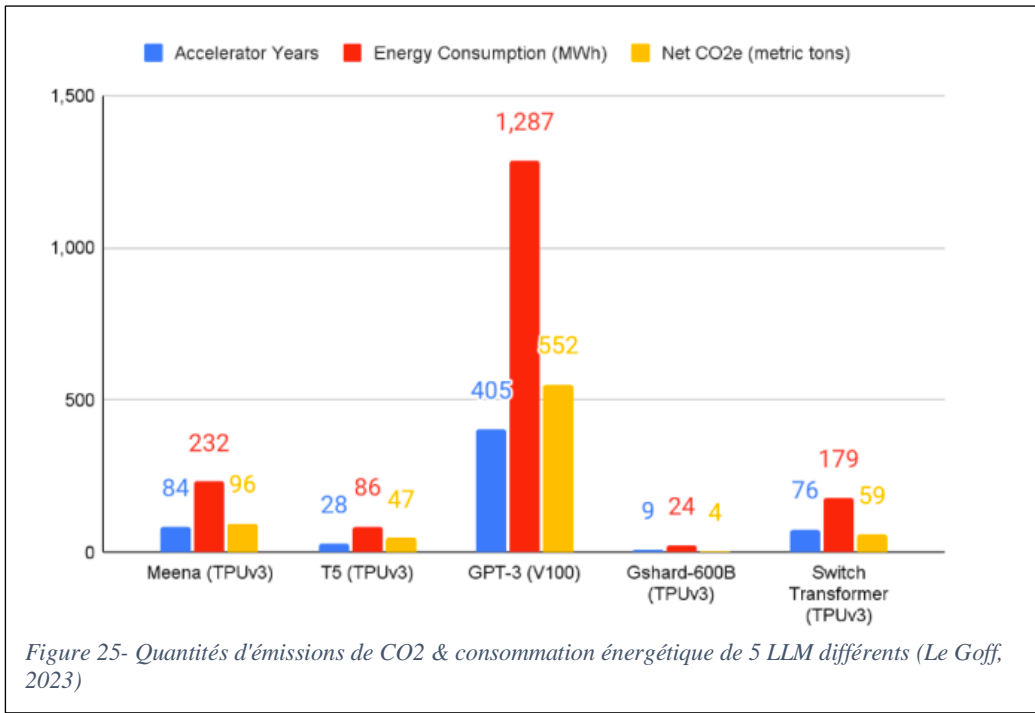
Une autre solution pour diminuer la consommation d'énergie est l'optimisation des modèles de langage large ainsi que la diminution des mémoires des modèles IA. Différentes techniques existent pour cela, tels que la compression de modèle appelée aussi la technique de « *knowledge distillation* ». C'est un modèle d'intelligence artificielle qui transfère la mémoire de grands modèles vers des modèles plus petits, aussi connus sous le nom de « *student model* ». Cette technique permet de réduire la consommation énergétique jusqu'à 70 % en diminuant la performance de moins de 10 % (Le Goff, 2023).

Une deuxième technique est l'élagage. Celle-ci consiste à ne pas utiliser les parties de mémoire qui ne sont pas nécessaires, dans le but de diminuer la complexité des modèles. Cela ne modifie pas le

résultat final, car ces connexions étaient inutiles pour la tâche de prédiction et mène à une structure plus condensée, qui est écoénergétique (Le Goff, 2023).

Une troisième technique, appelée « fine-tuning and transfer learning », utilise des représentations textuelles pré-entraînées, qui, selon l'expert Hemant K. Mishra, constituent « la clé pour combler le fossé entre la nature riche et nuancée du langage humain et les exigences numériques des algorithmes d'apprentissage automatique » (Hemant, 2024). Ces représentations sont des abstractions mathématiques qui traduisent le texte en un langage compréhensible par les modèles d'IA, permettant ainsi la compréhension et l'utilisation des données entre les humains et les applications.

Sur la figure 25, les résultats d'une étude réalisée en 2021 par des chercheurs de Google et de l'université de Berkeley sont observables. Ils mettent en évidence les quantités d'émissions de CO2 et la consommation énergétique de cinq LLM d'envergures différentes. Il en ressort que la consommation d'énergie ainsi que les émissions de carbone produites sont les plus élevées pour l'entraînement de GPT-3. De plus, en comparant les données de GPT-3 à celles de Gshard-600B, c'est-à-dire l'IA avec l'empreinte écologique la plus haute et celle avec la plus basse, il est visible que GPT-3 émet près de 138 fois plus d'émissions de carbone et consomme près de 53 fois plus d'énergie. Cette différence n'est pas négligeable dans l'empreinte écologique engendrée par l'IA. Les résultats montrent une grande disparité dans les niveaux d'émissions de gaz carbonique entre les divers prototypes, variant de 4 tonnes de CO2 à plus de 550 tonnes pour le modèle GPT-3 (V100) (Le Goff, 2023).



Les algorithmes

Phase 1 : Entraînement du modèle

Une autre approche consiste à optimiser les algorithmes et les programmes essentiels au fonctionnement de l'IA générative. Cette optimisation pourrait également réduire les besoins en calculs nécessaires à l'entraînement des modèles. Pour mettre en œuvre cette solution, plusieurs

étapes doivent être suivies. L'application de « l'early stopping » (arrêt précoce de l'entraînement) est cruciale. Cette méthode consiste à interrompre l'entraînement lorsque la performance de validation commence à se détériorer, c'est-à-dire lorsque l'exactitude et la précision diminuent. Cela permet d'éviter une surcharge d'entraînement et de réaliser des économies de ressources (Brownlee, 2019).

Phase 2 : L'inférence (utilisation du modèle après entraînement en fonctionnement)

Une deuxième approche consiste à minimiser la taille des modèles. En effet, l'utilisation de grands modèles pour des tâches simples et non complexes n'est pas nécessaire. L'application de la méthode appelée « early stopping on inference » ou arrêt précoce de l'inférence est fondamentale ; celle-ci consiste à juger si le degré de confiance est atteint dans le résultat de chaque couche du réseau de neurones. Une fois ce niveau atteint, il s'agit de stopper le processus, ce qui permet de diminuer la consommation énergétique (Le Goff, 2023) (Zhou et al., 2020).

2.4.2.4 L'intelligence artificielle locale et sur cloud

Il existe également une possibilité de diminuer la consommation énergétique dans le traitement des données. Il s'agit du dispositif d'intelligence artificielle locale. L'intelligence artificielle locale, appelée « Edge AI », est plus durable que le cloud, car le traitement des données se fait directement sur des appareils locaux (smartphones et ordinateurs portables), tandis que le cloud sollicite davantage les réseaux électriques, car les serveurs se trouvent souvent dans des zones lointaines.

La grille de comparaison ci-dessous vous offre une vue plus détaillée sur les critères de durabilité qui distinguent ces deux dispositifs.

Critères de durabilité	Intelligence artificielle sur cloud	Intelligence artificielle locale
<i>Réduction de la latence et de la bande passante (=délai de transmission d'informations+ quantité de données transmises)</i>	Augmentation du transfert de données sur les réseaux électriques en raison d'une grande quantité de données (Nakagawa, 2024).	Moins de transfert de données sur les réseaux électriques car traitement sur des appareils de proximité (Nakagawa, 2024).
<i>Temps de réponse</i>	En raison de la longue distance pour la transmission des données, une réponse met un plus grand délai à être reçue (Vasilis, 2024).	Les réponses aux requêtes sont plus rapides (Vasilis, 2024).
<i>Confidentialité et sécurité</i>	Les données personnelles sont moins protégées car elles se trouvent sur un réseau commun (Vasilis, 2024).	Meilleure protection des données personnelles (Vasilis, 2024).
<i>Puissance de calcul</i>	Nécessité d'une grande puissance de calcul car elle peut entraîner et traiter une grande quantité de données (Vasilis, 2024).	Moins de puissance de calcul requise grâce à la simplification des modèles d'IA (Vasilis, 2024).
<i>Scalabilité et flexibilité</i>	S'adapte facilement aux besoins de calcul et permet donc de diminuer ou d'augmenter les ressources en	Équiper et maintenir des dispositifs locaux peut être coûteux et complexe (Vasilis, 2024).

	fonction de la demande (Vasilis, 2024).	
<i>Maintenance et mise à jour</i>	Mettre à jour et maintenir un dispositif cloud qui est centralisé est plus facile (Vasilis, 2024).	Maintenance et mise à jour plus difficile (Vasilis, 2024).
<i>Dépendance à la connectivité d'internet</i>	Très dépendant de la fiabilité de la connexion Internet, cela peut poser des problèmes dans les zones géographiques éloignées avec une connexion instable (Vasilis, 2024).	Ne dépend pas de la connectivité Internet, ce qui la rend plus fiable dans les zones avec une connexion instable (Vasilis, 2024).
<i>Dépendance aux Infrastructures</i>	Besoin d'une infrastructure massive, souvent refroidie par des systèmes utilisant de grandes quantités d'eau et d'énergie (Nakagawa, 2024).	Fonctionne avec des équipements moins gourmands en ressources, réduisant ainsi l'empreinte écologique globale des opérations (Nakagawa, 2024).

Il est possible d'inclure l'IA locale dans le secteur du textile, car elle est souvent plus écologique lorsqu'elle est liée à une activité précise. Dans le cas du textile, on pourrait l'associer à une certaine étape du processus de production, comme par exemple l'effilement des fils.

2.4.2.5 Matériaux et infrastructures plus écoénergétiques

Les matériaux et les puces IA spécialisées écoénergétiques

Une augmentation de l'utilisation de l'intelligence artificielle et des modèles de langage large est à l'origine d'une croissance des besoins en infrastructures et en matériaux. Les modèles d'intelligence artificielle requièrent de puissants ordinateurs pour assurer leur fonctionnement, ce qui implique l'extraction de terres rares, comme cela a été mentionné au point cf. 2.4.1.

La vitesse des processeurs et des ordinateurs est bien meilleure qu'auparavant et ne cesse de s'améliorer. Ces performances sont obtenues grâce aux puces spécialisées, lesquelles ont été créées afin d'accomplir des tâches spécifiques. Elles peuvent être comparées à un moteur de voiture de course qui donne à celle-ci la puissance et la force requises pour franchir plus rapidement la ligne d'arrivée.

Ces puces spécialisés sont les TPU (Tensor Processing Units), créés par Google, les NPU (Neural Processing Units) créée par Microsoft et les LPU (Learning processing Units) créée par Groq vont être cruciale quant à la diminution énergétique des infrastructures numériques (Ingénieurs marketing IA, 2024).

1) Les unités de traitement tensoriel (TPU) de Google

Les TPU sont directement implémentés dans les algorithmes de *machine learning* afin d'en effectuer les calculs matriciels. Ceux-ci sont très efficaces pour les modèles de *deep learning*, comme par exemple pour la traduction instantanée ou encore le traitement d'images. Les grands avantages des

TPU par rapport aux GPU résident dans la performance et la consommation d'énergie. En effet, les TPU peuvent exécuter plus d'opérations simultanées, garantissant de meilleures performances, tout en étant moins énergivores que les GPU. C'est d'ailleurs pour cela que Google a décidé d'implémenter ces TPU dans son application *Google Translate* afin de garantir des traductions précises et instantanées (Google, s. d.).

2) Les unités de traitement neuronal (NPU) de Microsoft

De même que les TPU de Google, les NPU de Microsoft garantissent de meilleures performances tout en étant moins énergivores que les GPU et les CPU. Les NPU se focalisent sur les réseaux de neurones de l'intelligence artificielle et optimisent les algorithmes d'apprentissage automatique. Même s'ils sont moins polyvalents que les Central Processing Units et les Graphics Processing Units, ils possèdent de meilleures propriétés grâce à leur architecture. En effet, cela leur permet d'intégrer des circuits optimisés afin d'effectuer les opérations de calcul et de traiter rapidement de plus larges volumes de données tout en consommant moins d'énergie (Microsoft, s. d.).

3) Language Processing Units (LPU) de Groq

Contrairement aux autres puces, les LPU agissent directement sur les algorithmes complexes (Le Goff, 2023). Grâce à cela, elles passent outre les deux grands problèmes rencontrés par les puces de plus grande taille, à savoir la bande passante et la densité de calcul. Cela fournit une réponse de meilleure qualité et surtout une rapidité sans précédent pour les systèmes d'intelligence artificielle. Même si les puces de Groq agissent différemment des autres puces, celles-ci ont une empreinte carbone réduite par rapport aux grandes puces connues (Yevgeny, 2024) (Sahoo, 2024).

Ces trois puces présentent donc des avantages écologiques intéressants, mais il faut être conscient qu'elles sont moins polyvalentes et limitées à certaines tâches. Il est donc primordial que ces puces soient utilisées correctement afin que leurs bénéfices durables perdurent (Jouppi et al., 2021).

L'approche d'Apple à propos de l'IA embarquée : Traitement local sur leurs appareils

Apple a, quant à elle, créé des puces spécifiques appelées puces M, en vue de répondre aux demandes de calculs complexes requis par l'intelligence artificielle.

Ces puces affichent des performances accrues et sont des centaines de fois plus rapides que les processeurs traditionnels, tels que les CPU. Elles sont spécifiquement conçues pour gérer les calculs d'apprentissage automatique et contribuent ainsi à une exécution plus performante des algorithmes (Ask HN, s. d.).

Le temps de réponse des puces est ultra rapide (0,6 milliseconde en moyenne), ce qui assure un retour quasi instantané aux sollicitations des utilisateurs (Khan & Mann, 2024).

Le système d'Apple hiérarchise les charges de travail en trois catégories :

1. L'inférence locale, traitée directement sur les appareils (smartphones, iPads, ordinateurs) via des commandes vocales telles que Siri, par exemple, assure le traitement de tâches simplifiées (Reddit, s. d.).
2. Les tâches plus complexes sont envoyées à des serveurs Apple (Cloud) où elles sont traitées. Tout est crypté et sécurisé afin d'assurer la protection des données (Garanhel, 2024).

3. Apple permet aussi l'utilisation de modèles d'autres entreprises tels que ChatGPT en complément de ses propres services (Vincent, 2017).

Ces innovations permettent à Apple de maintenir leur position de leader sur le marché des appareils portables.

2.4.2.6 *La formulation des questions*

Pour éviter la surconsommation des intelligences artificielles, une approche potentielle réside dans la manière dont nous formulons nos questions et demandons d'effectuer des tâches. Il est essentiel d'être conscient de la manière dont nous utilisons cette technologie. Être conscient signifie poser des questions de manière réfléchie et ciblée afin d'utiliser les IA spécialisées dans le cadre de tâches spécifiques. Par exemple, au lieu d'utiliser ChatGPT pour rechercher des informations sur Internet, il serait préférable d'opter pour un modèle plus ciblé et moins gourmand en ressources (Radio-Canada.ca, 2024).

2.4.2.7 *Alimenter les centres de données en énergie renouvelables*

Une autre idée afin de prédire la consommation énergétique, est l'utilisation et le développement des énergies renouvelables. De nombreuses entreprises investissent dans ces énergies afin de diminuer le bilan carbone de leur IA. Les énergies éoliennes, solaires et hydroélectriques sont la solution pour produire de la « *green electricity* ». Malheureusement la production d'énergie renouvelable reste fortement limitée en termes de quantité et au vu de l'expansion du domaine de l'IA. De plus, ces énergies sont fortement demandées pour d'autres applications plus consommatrices et plus polluantes (Fruleux, 2024).

Par ailleurs, des algorithmes ont été créés afin de quantifier les émissions de CO₂ associées à leur utilisation et au type d'énergie utilisée. BLOOM, par exemple, prend en compte l'énergie nécessaire pour son entraînement, sa fréquence d'utilisation et la quantité de CO₂ liée à la source d'énergie utilisée. L'architecture de BLOOM a été optimisée et son centre de données repose essentiellement sur une production d'énergie nucléaire. Il ressort que ChatGPT dont la complexité est comparable à BLOOM émet 30 fois plus de CO₂ que ce dernier. D'autres algorithmes ont été créés, tels que CodeCarbon qui mesure la quantité de CO₂ émise en fonction du type d'énergies utilisées par le réseau électrique qui l'alimente. CodeCarbon propose des solutions pour diminuer ces émissions telles que la suggestion d'actions incitant les programmeurs à choisir des régions où la production d'énergie est plus propre. L'électricité provenant d'une centrale à charbon émet 100 fois plus de CO₂ que la « *green electricity* ». A ce jour, et malgré leurs engagements, il est regrettable de constater que les plus grands consommateurs énergétiques, tels que Google et Facebook, privilégient leurs intérêts commerciaux au détriment de l'aspect environnemental. Il est donc primordial que ces sociétés prennent conscience des enjeux que leurs actions engendrent (Rymmassen, 2024).

2.5 Conclusion de la revue de la littérature

Comme nous l'avons vu au cours de cette première partie dédiée au secteur de la mode, de la durabilité et de l'intelligence artificielle, on retiendra que cette dernière peut être une avancée

technologique dans la chaîne d'approvisionnement agile. Surtout, elle peut générer un certain niveau d'efficacité. L'industrie du textile a donc besoin d'une chaîne d'approvisionnement efficace pour être compétitive dans un secteur en changement constant, dans le but de progresser rapidement.

En examinant de près les secteurs où l'intelligence artificielle peut avoir un impact positif, nous identifions plusieurs défis clés en matière de durabilité dans l'industrie du textile, qui reste l'un des secteurs les plus polluants. De plus, il ne faut pas négliger la consommation énergétique de cette intelligence artificielle associée à son utilisation, at à l'entraînement de cette intelligence artificielle ainsi qu'à d'autres aspects liés à son fonctionnement.

Notons toutefois que le partage d'informations entre les maillons de la chaîne d'approvisionnement est très important, et il l'est encore plus si ces liens sont externes à l'entreprise elle-même.

Il existe de grandes opportunités, grâce à l'intelligence artificielle, dans la gestion des données permettant aux entreprises de tirer le meilleur parti et d'obtenir un système de recommandation personnalisé pour chaque client, raison pour laquelle il semble pertinent d'investiguer davantage cette problématique, ce que nous ferons dans la deuxième partie de ce travail de fin d'études.

Nous investiguerons également sur l'application de l'intelligence artificielle dans le processus de production en mettant en lumière les avantages et les inconvénients de celle-ci au niveau durabilité.

3 Méthodologie

Comme nous l'avons vu précédemment, ce mémoire de fin d'étude vise à définir les solutions possibles que l'intelligence artificielle peut apporter dans le secteur du textile et plus particulièrement son impact sur l'environnement.

Dès lors, nous allons débiter cette partie pratique en expliquant la méthodologie choisie pour concilier la revue de littérature, telle que présentée précédemment, avec la réalité du terrain. Cela nous permettra de nous rapprocher de ce que pourrait être le secteur du textile dans un avenir proche. Nous nous appuierons sur des récits et des données collectées, en mettant l'accent sur l'industrie de la mode et plus spécifiquement sur l'utilisation de l'intelligence artificielle dans la chaîne de valeur de cette industrie. Comme mentionné précédemment, cette industrie a un impact significatif sur l'environnement.

Nous avons donc lors opté pour une vision plus large de l'objet d'étude en utilisant une méthodologie qualitative. Cela nous permettra d'approfondir et d'élargir l'analyse du sujet, suite à la revue systématique de la littérature réalisée précédemment.

3.1 Analyse critique

Avant d'aller plus loin dans cette partie pratique, prenons du recul par rapport à la recherche menée en soulignant tout d'abord que la collecte de données peut paraître une étape simple.

Force est de constater que trouver une quantité suffisante de données qualitatives sur un sujet d'actualité n'est pas chose aisée. D'où l'intérêt de ce mémoire de fin d'études qui concerne non seulement un secteur très controversé par les défenseurs de l'environnement mais également un outil informatique en constante évolution exponentielle. Notons également que le défi qui nous touche tous au quotidien n'est autre que le réchauffement climatique.

En effet, le secteur de la mode, la durabilité ainsi que l'intelligence artificielle, peuvent être conciliés dans la chaîne d'approvisionnement et générer un certain niveau d'efficacité, l'industrie du textile ayant besoin d'une chaîne d'approvisionnement efficace pour être compétitive dans le but de progresser rapidement.

Tout d'abord, nous avons cherché à définir les applications possibles de l'intelligence artificielle dans l'industrie de la mode, en identifiant les domaines fonctionnels de l'entreprise où ces technologies sont mises en œuvre.

Ensuite, nous avons cherché à déterminer le degré de mise en œuvre actuelle de l'intelligence

artificielle dans les entreprises actives dans le secteur de la mode pour identifier les avantages, les limites et les défis que présente l'intelligence artificielle dans ces entreprises. Nous allons donc ci-dessous présenter la problématique ainsi que la manière dont les données ont été collectées.

3.1.1 Collecte de données et problématique

Nous détaillerons plus loin la méthodologie choisie qui consiste à réaliser des entretiens qualitatifs semi-directifs avec plusieurs experts de l'industrie de la mode. Grâce à cette méthodologie, les objectifs spécifiques de l'étude ont été poursuivis.

La collecte de données a été faite en gardant en tête que les résultats à obtenir dans ce mémoire de fin d'études soulignent les applications possibles de l'intelligence artificielle dans l'industrie de la mode. Nous mettons en évidence la personnalisation de l'expérience client, l'optimisation de la chaîne d'approvisionnement, la prédiction des tendances des produits et des ventes ou encore la gestion des stocks et l'amélioration de l'efficacité de la production.

Nous tentons dès lors de déterminer les nouvelles opportunités que l'intelligence artificielle offre aux entreprises actives dans le secteur de la mode, permettant une amélioration de leur compétitivité en plus d'une adaptation aux demandes des consommateurs.

Notons toutefois que la mise en œuvre de l'intelligence artificielle dans ces entreprises en est encore à ses débuts. Bien qu'il y ait eu un intérêt croissant pour cette technologie, il reste encore du chemin à parcourir pour exploiter pleinement ses capacités dans l'industrie de la mode.

D'autre part, au cours de la recherche pour ce mémoire de fin d'études, nous avons identifié des limites dues au manque de sources de données de qualité spécifiquement axées sur l'industrie de la mode, ce qui a rendu nécessaire une recherche de terrain.

3.1.2 Hypothèses

En examinant de près les secteurs où l'intelligence artificielle peut avoir un impact positif, nous identifions plusieurs défis clés en matière de durabilité dans l'industrie du textile, qui demeure l'un des secteurs les plus polluants. Il est important de noter que le partage d'informations entre les maillons de la chaîne d'approvisionnement est crucial, surtout lorsque ces liens sont externes à l'entreprise elle-même. Nous avons vu précédemment qu'il existe de grandes opportunités, grâce à l'intelligence artificielle, notamment dans la gestion des données, ce qui permet aux entreprises de maximiser leur potentiel et d'obtenir des systèmes de recommandation personnalisés pour chaque client. Raison pour laquelle il semble pertinent d'investiguer davantage cette problématique, en établissant plusieurs hypothèses, incluant une hypothèse positive et une hypothèse négative.

3.1.2.1 Hypothèse 1

La première hypothèse positive suggère que l'intelligence artificielle peut agir comme un catalyseur de la durabilité dans le secteur du textile, mais son impact dépendra largement de la manière dont elle est développée, mise en œuvre et réglementée. En effet, si l'intelligence artificielle est utilisée de manière responsable, celle-ci pourrait permettre des avancées significatives en matière de durabilité en facilitant l'optimisation des processus de production, la réduction des déchets, et la création de

produits plus durables. A titre d'exemple, l'intelligence artificielle permet, en analysant de vastes ensembles de données, de mettre en lumière les matériaux alternatifs les plus durables et concevoir des produits innovants répondant aux normes environnementales.

De plus, en automatisant les processus de production, l'intelligence artificielle peut aider à améliorer l'efficacité énergétique des usines textiles et à réduire leur empreinte carbone. Toutefois, pour que ces avantages se concrétisent, des politiques et des réglementations visant à garantir que l'intelligence artificielle soit utilisée de manière éthique et responsable doivent être mises en place, en tenant compte des implications sociales et environnementales à long terme.

Dans cette hypothèse positive, nous considérons que l'intelligence artificielle peut jouer un rôle crucial dans la transformation du secteur du textile vers une industrie plus durable, à condition qu'elle soit intégrée de manière réfléchie et régulée de manière appropriée.

3.1.2.2 *Hypothèse 2*

La seconde hypothèse est une hypothèse négative qui sous-entend que l'intelligence artificielle pourrait potentiellement aggraver les problèmes de durabilité dans le secteur du textile en accentuant les inégalités sociales, en augmentant la dépendance aux technologies et en accélérant la production de masse.

En effet, nous partons du postulat que si l'intelligence artificielle est mal gérée, celle-ci peut entraîner une centralisation accrue du pouvoir économique entre les mains de grandes entreprises technologiques, exacerbant ainsi les inégalités dans la chaîne d'approvisionnement textile et négligeant les intérêts des petits producteurs et des travailleurs.

Nous allons plus loin en supposant que l'automatisation généralisée des processus de production par l'intelligence artificielle peut conduire à une augmentation de la consommation de ressources naturelles et à une accélération de la production de masse, ce qui entraîne une surproduction de produits textiles et une augmentation des déchets. Il en va de l'adoption incontrôlée de l'intelligence artificielle qui peut compromettre la transparence et la traçabilité des produits, rendant difficile pour les consommateurs de vérifier la durabilité des produits textiles et contribuant ainsi à la perpétuation du 'greenwashing' dans l'industrie.

Cette hypothèse sous-entend que sans une réglementation stricte et une surveillance étroite, l'intelligence artificielle peut aggraver les défis environnementaux et sociaux auxquels est confrontée l'industrie textile d'aujourd'hui.

3.2 Analyse qualitative

Dans cette partie dédiée à l'analyse qualitative, nous allons expliquer tout d'abord le choix de la méthode, dans le but de justifier la manière dont nous avons collecté l'information, ce qui permettra de mieux appréhender les résultats.

Ensuite, nous expliquerons le guide d'entretien, avec les différents thèmes choisis et la séquence de questions portant vers une collecte d'informations pertinentes.

Enfin, nous mettrons en évidence les limites de cette enquête qualitative, avant de présenter les répondants et les résultats de cette enquête. Ceci nous permet non seulement d'élaborer une analyse verticale, de par la présentation des répondants mais également une analyse horizontale avec la présentation des résultats. Nous débutons donc par le choix de la méthode.

3.2.1 Choix de la méthode

Le choix de la méthode s'est porté tout naturellement vers une enquête qualitative en interrogeant deux types de profils de répondants à savoir des experts spécialisés dans l'intelligence artificielle ainsi que des experts en durabilité, impliqués dans des entreprises de textile.

Un questionnaire qualitatif avec des questions ouvertes a été choisi, correspondant à un entretien semi-directif et permettant d'obtenir plus en profondeur le point de vue et l'expérience des personnes interrogées, afin que ceux-ci puissent partager leurs opinions, leurs connaissances et leurs expériences.

Nous avons utilisé une approche orientée vers des entretiens dirigés individuels en établissant un certain ordre de questions établies à l'avance, tout en laissant la liberté à l'intervenant de s'étendre davantage sur l'un ou l'autre sujet.

De plus, cela nous permettra d'analyser les informations de manière verticale et horizontale. Une analyse verticale permettra d'examiner en détail chaque réponse du répondant et aussi d'identifier les thèmes qui ressortent de l'interview ainsi que les idées et les opinions exprimées par le répondant.

Cette analyse verticale nous permettra d'effectuer ensuite une analyse horizontale en se concentrant sur les thèmes identifiés et, pour chacun d'eux, d'effectuer une analyse en fonction des réponses de chaque répondant. Cela nous permettra de comparer les réponses des intervenants à l'aide des différents thèmes identifiés afin que ce soit plus facile d'avoir des points de comparaison.

Dès lors, nous aurons la possibilité de nous concentrer d'une part sur la chronologie ou la séquence des réponses, puis d'examiner chaque élément individuellement, en se concentrant sur son contenu et sa signification.

Le processus qui a été mené a consisté, dans un premier temps, en l'élaboration d'un guide d'entretien et d'un questionnaire sur la base des fondements théoriques et des informations obtenues avec la revue de la littérature. Une fois le questionnaire consolidé, la recherche de participants a commencé, qui s'est déroulée via LinkedIn, contacts personnels, ainsi que via le promoteur de ce mémoire.

3.2.2 Guide d'entretien

En ce qui concerne l'élaboration du guide d'entretiens et des questions, le questionnaire a été établi sur la base de la revue de la littérature telle que vue dans la première partie de ce travail et selon la problématique, qui se compose des sections suivantes :

1. Introduction, contexte et présentation
2. Le rôle de l'intelligence artificielle dans la recherche de durabilité de l'industrie textile
3. L'analyse de l'impact de l'intelligence artificielle à chaque étape du processus industriel

4. L'évaluation des risques et éthique
5. La collaboration et partenariats
6. La formation et sensibilisation

Deux questionnaires qualitatifs avec des questions ouvertes ont donc été choisis, ce qui correspond à un entretien semi-directif. Ces questionnaires, placés en annexe 1 et 4, nous permettent d'obtenir plus en profondeur le point de vue et l'expérience des experts interrogés, afin qu'ils puissent partager leurs opinions, leurs connaissances et leurs expériences.

De plus, le fait qu'il soit semi-structurel permet de poser plus de questions en fonction de l'orientation de la conversation avec la personne interrogée, en plus de celles écrites et sélectionnées comme principales.

3.2.3 Limites

Il est important de pouvoir auto critiquer sa propre manière de fonctionner et c'est ce que nous allons effectuer avant de présenter les répondants. Tout d'abord, nous avons pu interroger des répondants ayant une expertise confirmée dans leur secteur, bien que celui-ci soit large et varié. De ce fait, notre première limite va vers la qualité des informations obtenues, étant donné qu'il est toujours possible d'aller plus loin, en interrogeant davantage de personnes ou bien en y consacrant plus de temps.

Cependant, nous avons jugé important de consacrer un maximum de 1h par répondant de telle sorte à ne pas prendre trop de leur temps précieux, mais aussi parce que nous avons jugé que ce laps de temps nous permettait d'obtenir des réponses en lien direct avec le sujet.

Considérant cette problématique de temps, nous n'avons pas pu interroger davantage de répondants, non seulement à cause de la difficulté de trouver des experts dans le domaine du textile, mais aussi car le temps imparti pour présenter cette présente recherche est limité.

3.2.4 Répondants

Afin d'obtenir une perspective plus profonde des applications de l'intelligence artificielle dans l'industrie de la mode, et de compléter les informations obtenues grâce à la revue de la littérature, des entretiens ont été préparés afin d'être menés avec des experts spécialisés dans l'intelligence artificielle ainsi que des experts en durabilité, impliqués dans des entreprises textiles.

La sélection des personnes interrogées s'est faite sur la base d'un échantillonnage intentionnel ciblé sur leurs positions de décideurs clés et de cadres de direction expérimentés dans un large éventail de domaines de l'entreprise qui les emploie. Les répondants ont été informés des détails de cette recherche dans un esprit de transparence. Nous avons veillé à l'éthique des questions et au respect de la confidentialité des personnes interrogées lors du processus de collecte des données d'entretien. D'autre part, une communication en ligne a été utilisée pour mener les entretiens en fonction de la disponibilité des personnes interrogées, de sorte que les entretiens furent menés par le biais d'une réunion via la plateforme Teams.

Le premier entretien a été réalisé via Teams le 9 avril 2024 à 11h00 avec Alexandre de Goussencourt,

responsable informatique chez Stanley&Stellar, une entreprise spécialisée dans la production de textiles destinés à l'impression. Cette entreprise met l'accent sur le design et la mode tout en étant engagée à être écologiquement responsable, en utilisant exclusivement du coton bio à 100 % et des teintures sans produits toxiques.

Le deuxième entretien a été réalisé via Teams le 17 avril 2024 à 09h30 avec Johan Elias, CEO et fondateur de l'entreprise Rescope. Cette entreprise a pour objectif d'aider les PME en croissance à adopter la technologie et l'IA pour renforcer leur stratégie globale, accroître leur efficacité et servir de moteur d'innovation.

Pour le troisième, la plateforme Teams a également été utilisée le 20 avril 2024 à 13h00 pour interroger Hugo Bertrand, un expert qui accompagne ses clients sur des problématiques qui sont liées à la data et à l'intelligence artificielle, fondateur de l'entreprise Exsolvae. L'entrevue a été réalisée le 5 juin 2023.

En ce qui concerne le dernier entretien, réalisé via Teams le 23 avril 2024, nous avons interrogé Hans-Peter Stadler, fondateur d'une entreprise de conseil en stratégie axée sur l'intégration de la durabilité dans les opérations des entreprises avec plus de vingt-deux ans d'expérience dans l'industrie textile, notamment au sein de l'entreprise C&A.

3.2.5 Résultats

En offrant aux participants la possibilité de partager des exemples concrets de la façon dont ils ont utilisé ou été témoins de l'intelligence artificielle dans leur domaine de travail, nous obtenons des informations précieuses sur les applications et les pratiques de l'intelligence artificielle dans l'industrie de la mode. Cela nous permettra ultérieurement d'élaborer les conclusions de ce travail, sur la base de cas réels mais débutons tout d'abord par une analyse verticale des interviews réalisées.

3.2.5.1 L'analyse verticale

Dans cette analyse verticale, nous allons ci-dessous reprendre les grandes idées qui ont été identifiées lors des quatre entretiens semi-directifs.

3.2.5.1.1 Entretien avec Alexandre de Goussencourt

Selon Alexandre de Goussencourt, l'utilisation de l'intelligence artificielle permet de lier la mode, la durabilité et des conditions de travail équitables qui sont au cœur de la philosophie de Stanley&Stellar. Cette intégration de l'intelligence artificielle aide Stanley&Stellar à prendre des décisions plus éclairées concernant leur gestion des stocks, ce qui pourrait entraîner des économies de coûts et des efficacités opérationnelles.

De plus, il affirme être sceptique quant à l'efficacité de l'intelligence artificielle dans le domaine de la mode en raison de la nature changeante de l'industrie, où les tendances et les préférences des consommateurs évoluent tous les six mois. Cependant, l'intelligence artificielle pourrait entraîner selon lui des économies significatives en termes de coûts et d'espace d'entrepôt.

Il souligne également que l'utilisation de l'intelligence artificielle consomme beaucoup d'énergie, mais cela est compensé par des gains en performance, conduisant à une production plus ciblée et une

réduction des déchets lors de la production. Selon lui, l'utilisation de l'intelligence artificielle pourrait évoluer vers la création de plans de productions complets plutôt que de se limiter à des tâches spécifiques telles que la découpe du tissu. Il envisage un scénario où l'intelligence artificielle serait utilisée pour concevoir entièrement un vêtement, en intégrant tous les aspects de sa fabrication.

Alexandre de Goussencourt mentionne également l'impact positif de l'intelligence artificielle sur l'économie énergétique grâce à l'optimisation des trajets qui permet de minimiser les distances parcourues et les coûts qui y sont associés. Il aborde également les pratiques de recyclage et les solutions pour soutenir la durabilité, notamment les systèmes qui intègrent indirectement des fonctionnalités d'intelligence artificielle.

Cependant, il exprime des doutes quant à la maturité actuelle de l'intelligence artificielle et met en garde contre les promesses exagérées des vendeurs d'intelligence artificielle, en insistant sur l'importance d'adopter une approche critique et de ne pas se laisser aveugler par le potentiel de l'intelligence artificielle.

3.2.5.1.2 Entretien avec Johan Elias

Selon Johan Elias, l'intelligence artificielle est utilisée pour analyser les types de matières premières utilisées dans le textile dans le but de les remplacer par des alternatives plus durables, et réduire les besoins en ressources. Il souligne également l'utilisation de l'intelligence artificielle pour prédire la demande avec précision, ce qui permet de réduire la production et les cycles de production, et donc l'énergie nécessaire pour le stockage et la distribution.

Concernant l'importance de la connaissance et de l'éducation sur l'intelligence artificielle, Johan Elias souligne le besoin de comprendre le fonctionnement de l'intelligence artificielle pour éviter les erreurs dans les prévisions et les analyses. Il mentionne également que bien que l'intelligence artificielle ne soit pas nouvelle dans les prévisions, elle offre des avantages en termes de temps réel et de précision par rapport aux méthodes traditionnelles.

Johan Elias nous indique également que les entreprises devraient développer leur propre intelligence artificielle spécifique pour aider à la durabilité dans leur secteur, plutôt que d'utiliser une intelligence artificielle généraliste, d'où l'importance de l'adaptabilité et de la personnalisation des solutions d'intelligence artificielle pour répondre aux besoins spécifiques des entreprises et des industries.

De plus, celui-ci souligne la nécessité de réglementer l'utilisation de l'intelligence artificielle pour garantir un usage éthique et éviter les abus, en mettant en lumière les opportunités offertes par l'intelligence artificielle pour améliorer la durabilité dans l'industrie textile.

Il précise que les limites actuelles de l'intelligence artificielle en termes de fiabilité dans les réponses fournies nécessitent une vérification humaine pour garantir l'exactitude de celle-ci. Il souligne également l'importance de l'éducation, de la réglementation et de la collaboration entre les professionnels des différents domaines pour promouvoir une utilisation responsable et efficace de cette technologie.

3.2.5.1.2 Entretien avec Hugo Bertrand

Hugo Bertrand souligne que l'intelligence artificielle dépend largement des données fournies par l'homme ou accessibles en ligne pour générer des idées, mais elle ne possède pas une compréhension ou une réflexion humaine. De plus, il mentionne l'évolution de la robotique et de l'intégration de l'intelligence artificielle dans les robots, soulignant les avancées dans la compréhension contextuelle et les interactions homme- machine.

Comprendre que l'intelligence artificielle n'est pas une entité consciente est primordial pour lui, bien que des outils technologiques permettent de trier des solutions et d'explorer des hypothèses de manière probabiliste. Il évoque également que l'intelligence artificielle peut aider à identifier des tendances et à optimiser la production mais qu'elle peut aussi encourager la surproduction si les entreprises cherchent à maximiser leurs ventes.

Hugo Bertrand évoque la complexité du domaine de l'intelligence artificielle et l'importance de comprendre les diverses disciplines qui le composent, notamment l'ingénierie de l'intelligence artificielle, commençant par des modèles de langage large et de leur utilisation. Concernant les préoccupations environnementales liées à l'utilisation de l'intelligence artificielle, Hugo Bertrand estime qu'elles sont parfois exagérées et comparables aux préoccupations autour de l'industrie textile. Il met en avant la nécessité de contrôler nos comportements de consommation pour limiter les impacts négatifs.

Selon lui, le potentiel de l'intelligence artificielle pour réduire l'empreinte écologique dans l'industrie textile est important étant donné que l'intelligence artificielle peut intervenir à toutes les étapes de la production textile. Cela a pour conséquence de permettre des économies d'énergie et de matériaux, réduisant ainsi l'impact écologique. L'utilisation de l'intelligence artificielle dans l'industrie textile offre selon lui des perspectives pour une production plus efficace, une réduction du gaspillage de matériaux et une recherche de solutions plus durables, ce qui pourrait avoir un impact positif sur l'empreinte écologique globale de l'industrie.

Hugo Bertrand souligne également que l'automatisation grâce à l'intelligence artificielle va probablement affecter les tâches répétitives, comme sur les lignes de production, mais il encourage à envisager un avenir où le travail humain pourrait devenir moins indispensable grâce à l'intelligence artificielle. Pour lui, il est crucial de former le personnel existant sur les nouvelles technologies, notamment sur l'utilisation des outils comme le prompt engineering. Il encourage également la proactivité individuelle dans l'apprentissage.

3.2.5.1.2 Entretien avec Hans-Peter Stadler

Hans-Peter Stadler exprime d'un côté des doutes quant à la durabilité de l'intelligence artificielle, la comparant à la blockchain en termes de consommation énergétique et souligne que la collecte et la gestion des données par l'intelligence artificielle nécessitent beaucoup d'énergie. Bien que les données soient essentielles pour l'intelligence artificielle, leur gestion énergivore représente selon lui un obstacle à la durabilité.

Hans-Peter Stadler souligne que de nombreuses entreprises, comme Amazon ou Shein, exploitent déjà l'intelligence artificielle dans divers domaines, tels que le contrôle qualité et l'amélioration de l'expérience client. Il pense également que l'intelligence artificielle peut être utilisée pour optimiser

la phase de conception des produits dans une approche plus durable, en soulignant le rôle de l'intelligence artificielle dans l'analyse des tendances du marché, des comportements des consommateurs et des couleurs, ce qui pourrait guider les créateurs dans leurs choix.

Concernant l'approche durable dans le choix des matières premières, Hans-Peter Stadler souligne que l'intelligence artificielle peut aider les robots dans diverses tâches, y compris la récolte des cultures sur le terrain et la gestion des opérations d'entrepôt, ce qui peut améliorer l'efficacité et réduire les pertes. En ce qui concerne le futur de l'intelligence artificielle, elle est selon lui cruciale dans toute la chaîne d'approvisionnement, en commençant par la conception pour améliorer l'efficacité et réduire les déchets.

Cependant, il souligne l'importance de mesurer les progrès en matière de durabilité et de fixer des objectifs concrets, ce que l'intelligence artificielle peut faciliter en automatisant la collecte et le stockage des données. Il met en avant le rôle de l'intelligence artificielle dans la réduction des déchets tout au long du processus de production textile, en permettant une découpe plus efficace des textiles pour minimiser les pertes. De plus, il suggère que l'intelligence artificielle peut aider à identifier des entreprises capables de retraiter les déchets textiles, ce qui contribuerait à une gestion plus durable des ressources.

Hans-Peter Stadler appelle à une réflexion plus poussée sur la manière de minimiser la consommation d'énergie associée à l'intelligence artificielle pour garantir sa viabilité à long terme bien que l'intelligence artificielle peut selon lui aider à améliorer l'empreinte écologique de l'industrie textile. Après avoir pu effectuer cette analyse verticale, qui nous a permis d'examiner en détail chaque réponse du répondant et permettra d'identifier les thèmes qui ressortent de l'interview ainsi que les idées et les opinions exprimées par le répondant, nous allons maintenant effectuer une analyse horizontale.

3.2.5.2 L'analyse horizontale

Afin de faciliter l'analyse des informations collectées lors des interviews et suite à l'analyse verticale, nous allons réaliser une analyse horizontale, agencée selon les thèmes identifiés comme pertinents dans le guide d'entretien.

Dès lors, nous allons nous intéresser de près au rôle de l'intelligence artificielle dans la recherche de durabilité de l'industrie textile, à l'analyse de l'impact de l'intelligence artificielle à chaque étape du processus industriel, à l'évaluation des risques et éthique, à la collaboration et partenariats ainsi qu'à la formation et sensibilisation. Cette section est donc l'occasion de croiser les réponses des personnes interrogées selon différents thèmes et ainsi confronter, par la suite, nos hypothèses avec ces réponses. Nous débutons donc par le rôle de l'intelligence artificielle dans la recherche de durabilité de l'industrie textile.

3.2.5.2.1 Le rôle de l'intelligence artificielle dans la recherche de durabilité de l'industrie textile

En ce qui concerne le rôle de l'intelligence artificielle dans la recherche de durabilité de l'industrie textile, tous les répondants y voient une grande opportunité pour le secteur. En effet, ils soulignent d'une part que l'intelligence artificielle est bénéfique dans l'analyse des tendances du marché, des

comportements des consommateurs et des couleurs, ce qui pourrait guider les créateurs dans leurs choix mais aussi dans la conception et la durabilité des vêtements.

Tel l'explique Johan Elias en indiquant que l'intelligence artificielle accélère le processus de conception, réduisant ainsi la consommation d'énergie grâce à des cycles de production plus courts. Cependant, il souligne que l'impact principal sur la durabilité réside dans l'optimisation des matières premières plutôt que dans la phase de conception.

De plus, Hugo Bertrand insiste sur le fait que le rôle de l'intelligence artificielle offre un potentiel pour des comportements commerciaux optimisés et des offres de produits en gardant un équilibre entre les avantages de l'intelligence artificielle et ses inconvénients.

Mais de l'autre côté Hans-Peter Stadler affirme que l'intelligence artificielle peut aider à améliorer l'empreinte écologique de l'industrie textile, en soulignant l'importance des progrès en matière de durabilité, dont l'intelligence artificielle peut faciliter, en automatisant la collecte et le stockage des données. Il cite notamment le rôle de l'intelligence artificielle dans la réduction des déchets tout au long du processus de production textile, en permettant une découpe plus efficace des textiles pour minimiser les pertes. De plus, Hans-Peter Stadler suggère également que l'intelligence artificielle peut aider à identifier des entreprises capables de retraiter les déchets textiles, ce qui contribuerait à une gestion plus durable des ressources.

3.2.5.2.2 Analyse de l'impact de l'intelligence artificielle à chaque étape du processus industriel

Selon Hans-Peter Stadler, l'intelligence artificielle permet de calculer les produits à expédier, en fonction des besoins en Europe, puis d'analyser les offres des fournisseurs pour choisir les options de conteneurs les plus rentables et déterminer l'itinéraire le moins cher. Cette approche, utilisant l'intelligence artificielle, permet d'économiser du temps et de l'argent en planifiant précisément toutes les étapes de la chaîne d'approvisionnement.

Selon Hugo Bertrand le potentiel de l'intelligence artificielle peut réduire l'empreinte écologique dans l'industrie textile. Il affirme dès lors que l'intelligence artificielle peut intervenir à toutes les étapes de la production textile pour économiser de l'énergie et des matériaux, réduisant ainsi l'impact écologique. De plus, il aborde l'évolution future de l'intelligence artificielle dans le domaine de la durabilité, la voyant comme un outil d'exploration de nouvelles hypothèses et d'optimisation dans divers secteurs, de la conception à la distribution.

Tout comme Hugo Bertrand, Hans-Peter Stadler souligne que l'intelligence artificielle est utilisée pour optimiser le transport, en particulier la dernière étape de la distribution vers les magasins. L'objectif est de s'assurer que les camions sont chargés aussi efficacement que possible et que le moins d'air possible est transporté.

Les répondants soulignent tous, d'une manière ou d'une autre que l'impact de l'intelligence artificielle est principalement invisible mais apporte de l'innovation et de l'optimisation à chaque étape du processus.

3.2.5.2.3 Évaluation des risques et éthique

Concernant l'évaluation des risques et l'éthique derrière l'intelligence artificielle, Hans Peter Stadler explique que l'intelligence artificielle peut analyser des données satellitaires et géologiques pour identifier les zones à risque d'événements naturels, ce qui est utile pour planifier les activités agricoles telles que la culture du coton et donc optimiser la production.

Cependant, Alexandre de Goussencourt souligne que l'intelligence artificielle n'atteint pas encore le niveau d'intelligence d'un cerveau humain, soulignant particulièrement son incapacité à repérer des anomalies évidentes dans les données. Alexandre de Goussencourt met donc en garde contre le risque que l'intelligence artificielle génère des résultats erronés si elle est nourrie de données inappropriées ou mal interprétées.

Hugo Bertrand explique également les différentes couches de l'ingénierie de l'intelligence artificielle afin de mieux comprendre l'aspect technique de l'intelligence artificielle, mais met en garde contre les risques associés à ces modèles éphémères et immatériels, soulignant qu'ils peuvent devenir une "boîte de Pandore".

3.2.5.2.4 Collaboration et Partenariats

En ce qui concerne la gestion des surplus et des retours, Alexandre de Goussencourt explique que son entreprise ne reprend les produits qu'en cas de défaut de fabrication, ce qui limite considérablement les retours. Les produits retournés sont soit revendus à d'autres clients, soit donnés à des organisations caritatives telles que la Croix-Rouge, qui est donc considéré tel un partenaire.

De plus, Alexandre de Goussencourt aborde également les pratiques de recyclage des produits défectueux, mentionnant un partenariat avec une entreprise spécialisée, Fosplus et souligne que grâce à des contrôles qualité rigoureux, les erreurs de fabrication sont rares.

De son côté, Hans-Peter Stadler mentionne que des acteurs verticaux comme C&A développent leurs propres produits, mais sous-traitent leur fabrication en Turquie ou au Bangladesh. Il souligne que C&A et d'autres grandes marques ne se lancent pas dans la production de textiles eux-mêmes, la délocalisation est donc bien présente. Il évoque même un centre de production textile important au Portugal.

3.2.5.2.5 Formation et sensibilisation

Force est de constater l'importance de bien enseigner l'intelligence artificielle, soulignant que celle-ci ne remplacera pas réellement le travail humain mais le soutiendra. C'est ce que Hans-Peter Stadler reconnaît en soulignant que l'intelligence artificielle pourra créer de nouveaux emplois tout en supprimant d'autres, comme dans le marketing.

Johan Elias insiste sur l'importance de l'éducation et de la sensibilisation des professionnels de l'industrie textile à l'utilisation de l'intelligence artificielle. Il souligne la nécessité de sessions de sensibilisation thématiques et spécialisées pour aider les professionnels à comprendre les applications spécifiques de l'intelligence artificielle dans leur domaine.

Exsolvae, favorise le partage de connaissances à travers des sessions régulières où les consultants échangent leurs savoirs et Hugo Bertrand envisage également de diffuser ces sessions en ligne sur Twitch. Il souligne l'importance de rendre la connaissance accessible et partagée, tout en reconnaissant que la formation peut être nécessaire pour certains aspects techniques.

Hans-Peter Stadler approuve cette perspective, encourageant à voir l'intelligence artificielle comme un soutien libérant du temps pour des tâches plus importantes. Après avoir isolé les différentes réponses des répondants au sujet du rôle de l'intelligence artificielle dans la recherche de durabilité de l'industrie textile, de l'analyse de l'impact de l'intelligence artificielle à chaque étape du processus industriel, de l'évaluation des risques et éthique, de la collaboration et partenariats ainsi que de la formation et sensibilisation, nous allons à présent croiser les réponses des personnes interrogées selon différents thèmes et ainsi confronter ces réponses avec nos hypothèses de base.

3.3 Confrontation aux hypothèses

Tel que vu précédemment, nous sommes partis sur deux hypothèses opposées dont la première sous-entend que l'intelligence artificielle peut être considérée tel un catalyseur de la durabilité dans le secteur du textile, bien que son impact dépende largement de la manière dont elle est développée, implémentée et réglementée.

En ce qui concerne la seconde, elle sous-entend que l'intelligence artificielle peut potentiellement aggraver les problèmes de durabilité dans le secteur du textile en accentuant les inégalités sociales, en augmentant la dépendance aux technologies et en accélérant la production de masse.

Grâce aux entretiens menés, nous pouvons valider cette première hypothèse qui souligne que dans le cas où l'intelligence artificielle est utilisée de manière responsable, celle-ci permet des avancées significatives en matière de durabilité en facilitant l'optimisation des processus de production, la réduction des déchets, et la création de produits plus durables.

En effet, les répondants mettent en évidence les défis et les opportunités liés à l'utilisation de l'intelligence artificielle dans l'industrie textile, tout en soulignant l'importance de l'éducation, de la réglementation et de la collaboration entre les professionnels de différents domaines pour promouvoir une utilisation responsable et efficace de cette technologie. Il est également souligné que les limites actuelles de l'intelligence artificielle en termes de fiabilité imposent une vérification humaine pour garantir l'exactitude des informations fournies par les systèmes d'intelligence artificielle.

Cependant, grâce aux entretiens menés, nous pouvons invalider la seconde hypothèse qui indique que si l'intelligence artificielle est mal gérée, celle-ci peut entraîner une centralisation accrue du pouvoir économique entre les mains de grandes entreprises technologiques, exacerbant ainsi les inégalités dans la chaîne d'approvisionnement textile et négligeant les intérêts des petits producteurs et des travailleurs.

En effet, selon les répondants, bien que l'industrie textile soit traditionnellement intensive en main-d'œuvre, des progrès en automatisation, y compris l'utilisation de robots alimentés par l'intelligence artificielle, ont été observés. Cependant, le coût élevé de ces technologies peut constituer un

obstacle pour les petites entreprises, malgré leur potentiel à améliorer les processus de production et de couture. C'est pourquoi une gestion efficace du processus de changement est essentielle pour garantir que les employés aient confiance dans les résultats de l'intelligence artificielle et acceptent les outils nécessaires

Après avoir croisé les réponses des personnes interrogées selon différents thèmes et ainsi avoir confronté ces réponses avec nos hypothèses de base, nous pouvons porter une analyse générale sous forme de discussion.

4 Discussion

Afin de débiter cette discussion, clé angulaire de ce travail de fin d'études, nous allons tout d'abord regrouper les résultats de la recherche de manière claire et concise.

En étudiant sur le terrain le rôle de l'intelligence artificielle dans la recherche de durabilité dans l'industrie textile, nous avons mis en évidence que l'intelligence artificielle accélère le processus de conception, réduisant ainsi la consommation d'énergie grâce à des cycles de production plus courts, tel que le souligne Johan Elias. De plus, nous avons mis en avant le potentiel pour des comportements commerciaux optimisés et des offres de produits, souligné par Hugo Bertrand, ainsi que la réduction des déchets tout au long du processus de production textile, en permettant une découpe plus efficace des textiles pour minimiser les pertes.

Nous avons aussi mis en évidence que l'impact de l'intelligence artificielle à chaque étape du processus industriel sur la durabilité reste à être évalué, tel expliqué par Alexandre de Goussencourt, contrairement à Hugo Bertrand qui insiste sur l'impact potentiel de l'intelligence artificielle sur les processus de prise de décision.

En ce qui concerne l'évaluation des risques et éthique, nous avons pu constater qu'il y a un scepticisme public et une inquiétude concernant le déplacement d'emplois dû à l'intelligence artificielle, comme le souligne Hugo Bertrand. De son côté Hans-Peter Stadler insiste sur l'importance des considérations éthiques, notamment la protection de la vie privée et les implications sociales.

Nous avons également mis en évidence que l'intelligence artificielle crée des collaborations, comme souligné par Johan, qui nous indique l'importance de la collaboration entre les transporteurs pour maximiser l'efficacité des livraisons grâce à celle-ci, tout en soulignant l'importance de l'éducation, de la réglementation et de la collaboration entre les professionnels de différents domaines pour promouvoir une utilisation responsable et efficace de cette technologie.

Selon les deux hypothèses émises nous pouvons valider l'hypothèse selon laquelle l'intelligence artificielle peut être considérée comme un catalyseur de la durabilité dans le secteur du textile, bien que son impact dépende largement de la manière dont elle est développée, implémentée et réglementée. Cette hypothèse est validée étant donné que l'intelligence artificielle est bénéfique tant au niveau de la recherche de durabilité dans l'industrie textile, que son impact à chaque étape du processus industriel apporte une plus-value, que les répondants sont conscients des risques et les maîtrises et que l'intelligence artificielle crée des collaborations, autrement-dit, qu'elle contribue à l'économie du secteur du textile.

Cela étant, nous allons confronter ces résultats à notre problématique initiale et plus particulièrement démontrer comment ces résultats apportent des éléments de réponse à la problématique initiale qui consistait à nous renseigner sur l'empreinte carbone engendrée par l'intelligence artificielle dans le secteur du textile.

En effet, la première étape de ce travail de fin d'étude portait sur le paradoxe où l'intelligence artificielle semble être une solution pour la durabilité, tel l'indique Satish Thomas, Corporate Vice

President chez Microsoft Industry Clouds, mais qui a, d'autre part, le pouvoir d'être une source de pollution, tel l'indique Tommy Catherine, expert climat pour Greenly en citant que « *Malgré les performances fascinantes de ChatGPT, il est légitime de se demander si le jeu en vaut la chandelle sur le plan environnemental* » (Microsoft, 2024) (Etx & Etx, 2023).

Dès lors, nous pouvons affirmer que concernant les préoccupations environnementales liées à l'utilisation de l'intelligence artificielle, nous estimons qu'elles sont parfois exagérées et comparables aux préoccupations autour de l'industrie textile, avec la nécessité de contrôler les comportements de consommation pour limiter les impacts négatifs.

En effet, dans le domaine de la durabilité, nous voyons l'intelligence artificielle comme un outil d'exploration de nouvelles hypothèses et d'optimisation dans divers secteurs, de la conception à la distribution.

En ce qui concerne les limites de ce travail de fin d'études, nous soulignons toutefois plusieurs limites méthodologiques pouvant expliquer des résultats contradictoires, la première étant le nombre de répondants interrogés. En effet, il peut paraître peu d'avoir interrogé quatre répondants, cependant nous n'avons pas privilégié la quantité mais la qualité tout au long de ce travail. Dès lors, nous avons pris le temps d'interroger ces quatre experts dans le domaine de la mode et surtout des experts utilisant de près l'intelligence artificielle au quotidien.

De plus, nous nous sommes limités uniquement à des recherches sur le continent européen, et plus précisément en Belgique, au lieu de nous concentrer sur le reste du monde. Force est de constater que le temps imparti pour répondre à la problématique soulevée étant limité, nous avons privilégié investiguer comme il se doit sur un segment et une zone géographique que nous connaissons bien.

Afin d'aller plus loin dans cette discussion, nous allons comparer les résultats à ceux de travaux similaires, de telle sorte à montrer l'originalité de ce travail de fin d'étude et de démontrer que travail apporte une contribution originale à la communauté scientifique.

En effet, comme nous l'avons vu précédemment, selon la banque nationale de Belgique, « *l'intelligence artificielle peut engendrer une vague de croissance soutenue de la productivité* » mais et nous pouvons ajouter que celle-ci est en pleine croissance dans l'industrie de la mode. En effet, cette croissance est la suite de l'adoption, du secteur de la mode, de la technologie et l'intelligence artificielle de manière à renforcer sa stratégie globale, à accroître son efficacité et à servir de moteur d'innovation.

De plus, nous avons plus haut que le mémoire présenté par Inès KUNOKA, qui a étudié « *Comment l'industrie de la mode peut-elle réduire l'écart entre l'attitude et le comportement liés à la mode durable ?* » et qui a mis en évidence que les concepteurs de mode doivent bien comprendre les stratégies de conception durable, la manière de les appliquer ainsi que les possibilités que celles-ci offrent, en tant qu'opportunité d'innovation.

Cela s'est vérifié au travers nos interviews, qui ont mis en évidence que les entreprises devraient développer leur propre intelligence artificielle spécifique à la durabilité, et Johan Elias indique que son entreprise se concentre déjà sur l'implémentation de stratégies basées sur l'intelligence artificielle.

En ce qui concerne le mémoire de Wissal el Boudkhani consacré au « *Big Data à l'intelligence artificielle : Quel avenir pour le métier d'auditeur ?* », celui-ci souligne que « *certaines difficultés lors de la distinction des tendances importantes des tendances sans importance, et ainsi identifier un grand nombre de tendances sans signification* », nous pouvons aller plus loin.

En effet, il ressort de ce travail de fin d'étude le besoin de comprendre pleinement le fonctionnement de l'intelligence artificielle pour éviter les erreurs dans les prévisions et les analyses. Nous mentionnons également que bien que l'intelligence artificielle ne soit pas nouvelle dans les prévisions, celle-ci offre des avantages en termes de temps réel et de précision par rapport aux méthodes traditionnelles.

Dès lors, nous allons formuler quelques perspectives de recherche, des questions ouvertes qui pourraient faire l'objet de futures recherches en nous intéressant davantage aux fonctions de l'intelligence artificielle.

En conséquence, la première perspective de recherche serait de déterminer les points communs que le secteur de la mode et le secteur de la durabilité partagent, tels que ceux d'évoluer et de progresser à des rythmes accélérés, ce qui peut contribuer à expliquer une transmission de savoir entre eux.

Ensuite, nous pouvons nous interroger sur l'utilisation de la technologie dans le contrôle qualité, notant que bien que des machines soient utilisées pour détecter les défauts, elles ne sont pas infaillibles et nécessitent une intervention humaine pour interpréter les données.

Enfin, nous pouvons souligner l'importance d'aller plus loin dans cette recherche en déterminant en quoi l'intelligence artificielle permet de comprendre les préférences des consommateurs et donc aider les entreprises de mode à mieux comprendre les préférences de leurs clients cibles.

5 Recommandations

Les recommandations issues de cette recherche pour les entreprises textiles suggèrent de considérer sérieusement l'intégration de l'intelligence artificielle afin d'optimiser et de rendre plus durables les processus de production et de distribution. Bien que divers exemples et approches aient été présentés, il apparaît que le sujet est extrêmement vaste.

Il semble donc crucial de diviser les recommandations en deux groupes distincts afin de formuler des suggestions adéquates. De plus, il est essentiel de souligner certaines limites, telles que l'impact de l'investissement financier de l'intelligence artificielle dans l'industrie du textile. En effet, ce domaine est marqué par une grande confidentialité, rendant l'accès aux données chiffrées difficile en raison de la concurrence et de la diversité des tailles, des besoins des groupes textiles, et de leurs stratégies commerciales. Cet aspect mériterait d'être approfondi dans de futures recherches, notamment en établissant des contacts avec des représentants des grands groupes textiles ou des petites maisons de couture, afin d'obtenir des informations plus précises, telles que les données financières ou les projets d'implémentation future de l'IA.

Nous subdiviserons ces groupes en groupe 1, pour les grandes industries de textile comme par exemple Inditex, C&A et LVMH et le groupe 2, pour les petites et moyennes entreprises de textile comme les maisons de haute couture.

Concernant le groupe 1, les exemples présentés au cours de cette recherche théorique et pratique montrent que l'intelligence artificielle semble encore être à ses débuts. Elle est principalement utilisée comme un instrument d'analyse statistique améliorée. De plus, elle sert également de correcteur et d'élaborateur de la logistique des matières premières ou de la distribution. En résumé c'est un réajustement permanent des coûts et du temps.

En investissant dans le processus de production et en contrôlant les besoins en termes de couleurs, de quantités, de tailles, ainsi que les prédictions, il serait possible d'adapter la durabilité et de répondre aux besoins énergétiques. Pour ce groupe de grandes industries de textile, ces besoins représentent une consommation énergétique importante.

Qu'en est-il des investissements et de leurs impacts sur divers facteurs :

- a. Social : Un besoin d'éducation du personnel pour faire admettre que l'IA ne constitue pas un remplacement, mais une aide dans leur travail
- b. Clientèle : L'investissement pourrait en partie être financé par la clientèle. En effet, afin d'éduquer les clients à éviter le gaspillage, une contribution pourrait être demandée pour chaque pièce de vêtement renvoyée dans un colis. Ces fonds peuvent être réinvestis dans l'IA à l'avenir afin de toujours garder une avance sur la concurrence. C'est-à-dire que l'investissement du client va permettre de financer l'intelligence artificielle future en raison de son gaspillage. Ceci minimise les coûts de l'entreprise, et le client paye ainsi pour son propre gaspillage. *Contre-exemple du taxi et du coût de la course.*"

- c. Énergie : Par une réadaptation constante du processus de production par l'IA cela engendrera une diminution des besoins énergétique jusqu'à un certain seuil. En fonction de ou est situé l'industrie de production, une étude environnementale locale pourrait permettre de diminuer le besoin énergétique par le financement en éoliennes ou panneaux solaires.
- d. Concurrence : Toute erreur de choix entraîne des conséquences au profit d'une concurrence sans pitié. Donc une réévaluation constante et vitale et nécessaire.
- e. Délocalisation : Elle amène de grands soucis sociaux, énergivores et culturels.

Pour ce qui est du groupe 2, il est lui-même subdivisé en deux entités vu les spécificités de certaines P.M.E. Tout d'abord il y a les sous-traitants et puis les marques de textiles indépendantes comme les maisons de couture Natan et Dior. Par les sous-traitants directs il s'agit de ceux qui obtiennent une commande type. Leurs besoins en intelligence artificielle est faible et donc la durabilité locale est grande. Il s'agirait d'investir dans la logistique et d'éviter les abus de la nouveauté dans l'IA. Tant dis que les maisons de coutures, elles sont plus spécifiques et possèdent en général une clientèle privée. Le besoin d'intelligence artificielle en production et création est très élevé pour par exemple la présentation de prototype de vêtements en 3-dimensions et ainsi s'orienter sur le client afin de le fidéliser. La durabilité et l'énergie nécessaire est locale et faible, mais l'investissement est donc plus spécifique et nécessite du personnel très qualifié. Mais résulte donc à une diminution de gaspillage de vêtements car il est produit à la demande du consommateur.

Dans tous les cas, il nous est offert de nombreuses opportunités de recherche, principalement dans le secteur financier, qui est très complexe en raison des nombreuses facettes impliquées dans la production d'un vêtement, depuis sa conception jusqu'à sa concrétisation. Il en va de même pour les développements locaux en fonction de la géolocalisation de l'industrie, qui, rappelons-le, est mondiale

6 Conclusion

Au vu des différentes recherches concernant les intégrations possibles de l'intelligence artificielle dans les processus de création, de production, de distribution, de vente et de recyclage dans le secteur textile, j'ai conclu que l'IA, si elle est bien encadrée et régulée par des règles strictes, peut contribuer à réduire la pollution générée par cette industrie. J'exprime ici mon avis personnel suite aux recherches effectuées.

L'IA est-elle un accélérateur ou obstacle à l'amélioration de la durabilité dans le secteur du textile ?

Tout au long de mon mémoire, j'ai pu explorer le rôle paradoxal de l'intelligence artificielle (IA) dans l'amélioration de la durabilité au sein de l'industrie textile. En abordant cette thématique, nous avons pris en considération à la fois les opportunités que l'IA peut offrir et les défis qu'elle engendre, en nous interrogeant sur la possibilité qu'elle soit à la fois un accélérateur et un obstacle à la durabilité.

Au fil de notre revue de littérature, nous avons constaté que l'industrie de la mode fait face à des enjeux environnementaux majeurs, notamment la réduction des déchets textiles et l'efficacité des processus de production. En effet, le secteur textile pourrait représenter jusqu'à 26 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre d'ici 2050. Il en ressort qu'actuellement les étapes de production de matières premières, de fabrication de textile et de transport maritime ou aérien des produits finis contribuent à une émission de 2 à 8 % du CO₂.

De plus, selon les statistiques de Statista, il sera critique d'utiliser l'intelligence artificielle dans le processus de production à près de 40 % d'ici 2025.

Comme nous l'avons vu précédemment, l'IA peut déjà apporter des solutions aux différentes phases du processus de production et à leurs problématiques. Pour la phase de création, avec la problématique d'anticipation des tendances et l'évaluation des ventes futures, la société HEURITECH propose le « computer vision », une IA qui permet de produire de manière écoresponsable tout en favorisant un avantage concurrentiel. Pour la phase de production, avec la problématique de l'optimisation de la gestion de la production et de la logistique, tout en restant écoresponsable, la société SMARTEX propose des processus automatisés utilisant l'IA couplés à la robotique, permettant un contrôle de qualité le long de la chaîne de production afin de réduire l'empreinte carbone. La société REFIBER a, quant à elle, créé une technologie exploitant l'IA pour faciliter le recyclage grâce à la détection des compositions des fibres et des polluants présents. En ce qui concerne la phase de distribution, avec ses problématiques de transparence et d'amélioration de la productivité, allant de l'approvisionnement en matières premières jusqu'à la livraison des produits finis aux clients en passant par la planification, la conception, la production, le transport, le stockage et la distribution, il existe malheureusement que peu de connaissances. Cependant, l'IA peut résoudre certains problèmes, mais avec une intervention humaine. Citons par exemple la « fabrication agile », un système connecté à la chaîne d'approvisionnement pour répondre rapidement aux demandes changeantes des clients, ou « JustWalkOut » d'Amazon, qui permet de prévenir les pertes en temps réel et de prévoir un stock suffisant. On peut également mentionner « Data Tailor » du

groupe Mulliez, qui propose trois autopilotes basés sur l'IA pour aider à la prévision de la demande, la planification des commandes et la prévision des ventes. Pour ce qui est de l'optimisation des itinéraires de transport afin de réduire les coûts opérationnels, la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre, nous avons l'exemple d'OMEDA, une plateforme collaborative qui utilise l'IA pour résoudre les problèmes de logistique et de livraison. Pour la phase de vente, avec sa problématique de support client et de gestion des commandes, les « chatbots » peuvent offrir des réponses précises aux demandes des clients. On peut également aborder la problématique des retours de commandes en ligne, qui représentent 30 à 50 % des achats en ligne. Outre la possibilité de facturer les retours, une des solutions prometteuses proposées par l'IA et la réalité augmentée est la cabine d'essayage virtuelle, ou encore la création d'un avatar plus ou moins personnalisé avec des outils d'IA comme « TryOnDiffusion » ou « IA HR-Viton ». La personnalisation client permet aussi de mettre en avant certains produits plus durables et éthiques.

Les experts interrogés ont eux aussi souligné l'importance croissante de l'IA dans la transformation des méthodes de production et dans la prise de décision, permettant ainsi d'optimiser l'utilisation des ressources et de réduire l'empreinte carbone des entreprises.

Cependant, il ne faut pas négliger l'empreinte carbone associée à l'IA elle-même. Comme le montre notre analyse des différentes phases de production dans le secteur, l'implémentation de l'IA nécessite des ressources énergétiques considérables, allant à l'encontre des objectifs de durabilité. Des solutions, bien qu'elles ne soient que partielles, existent déjà, comme l'optimisation des modèles de « large language model », la diminution des mémoires des modèles IA, l'élagage, le « fine-tuning » et le « transfer learning », le dispositif d'intelligence artificielle locale « Edge AI », qui est plus durable que le cloud, ou encore les puces spécialisées comme les « TPU » de Google, les « NPU » de Microsoft ou les « LPU » de Groq.

Pour éviter la surconsommation des IA, une approche importante réside dans la manière dont nous utiliserons cette technologie en choisissant un modèle ciblé et moins gourmand en ressources. La motivation des entreprises à investir dans des énergies renouvelables pour alimenter leur IA, comme la « green electricity », est aussi un facteur clé, bien que ces énergies soient très demandées et malheureusement insuffisantes. Nous avons l'exemple de BLOOM, qui émet 30 fois moins de CO₂ que ChatGPT et qui prend en compte l'énergie qui lui est nécessaire ainsi que la quantité de CO₂ liée à la source d'énergie utilisée. Un autre algorithme, « CodeCarbon », mesure la quantité de CO₂ émise en fonction du type d'énergie utilisée par le réseau électrique qui l'alimente et offre des solutions, comme suggérer aux programmeurs des régions où la production d'énergie est plus propre. Malheureusement, les gros consommateurs comme Google et Facebook favorisent leurs bénéfices au détriment de l'aspect environnemental."

Ces observations nous ont conduits à répondre à notre hypothèse selon laquelle l'IA, tout en offrant des solutions innovantes, pourrait également exacerber les problèmes environnementaux si elle n'est pas utilisée de manière responsable.

Les résultats de nos interviews ont révélé une diversité de positions concernant l'impact de l'IA sur la durabilité. Les experts en durabilité, comme Alexandre de Goussencourt et Hans-Peter Stadler, ont exprimé leur scepticisme quant à l'utilisation de l'IA sans un cadre éthique et des pratiques responsables en matière de gestion des données et de consommation énergétique. Les spécialistes en IA, tels que Hugo Bertrand et Johan Elias, ont également partagé leurs perspectives. Pour eux, le

potentiel de l'intelligence artificielle peut réduire l'empreinte écologique dans l'industrie textile. Ils soulignent aussi la nécessité de sessions de sensibilisation thématiques et spécialisées pour aider les professionnels à comprendre les applications spécifiques de l'intelligence artificielle dans leur domaine. Tous les répondants soulignent que l'impact de l'intelligence artificielle est principalement invisible mais apporte de l'innovation et de l'optimisation à chaque étape du processus. Il est clair que, pour maximiser les bénéfices de l'IA, les entreprises doivent non seulement adopter des technologies plus vertes, mais aussi repenser leurs processus de production et de distribution pour garantir une réelle durabilité.

De plus, notre méthodologie d'analyse qualitative et critique a mis en lumière l'importance d'une approche multisectorielle dans la recherche de solutions durables. En confrontant nos hypothèses aux résultats obtenus, il apparaît que les entreprises peuvent effectivement utiliser l'IA comme un outil de transformation, à condition d'intégrer des stratégies de développement durable et de s'engager dans un dialogue continu avec les parties prenantes.

En conclusion, cette recherche met en lumière le potentiel de l'intelligence artificielle en tant qu'accélérateur de durabilité dans le secteur textile, tout en soulignant les dangers d'une dérive des pratiques économiques au détriment de l'environnement. Pour l'avenir, il est crucial que les acteurs de l'industrie textile poursuivent le développement et l'implémentation de l'IA, tout en respectant des normes éthiques strictes et en s'engageant à minimiser leur empreinte carbone par des décisions éclairées et responsables. Ainsi, l'IA pourrait jouer un rôle clé dans la transition vers une industrie textile plus durable, mais seulement si elle est intégrée dans une stratégie cohérente et réfléchie.

Mon travail n'a pu couvrir qu'un certain champ lié à l'IA, plus particulièrement en ce qui concerne la durabilité dans le monde du textile, mais de nombreuses pistes restent encore à explorer, comme les coûts à considérer pour toute entreprise souhaitant intégrer l'IA dans son fonctionnement. Ces coûts devront prendre en compte les problématiques liées au développement continu de la technologie, à la collecte et à la gestion des données, à l'intégration et à l'adaptation aux systèmes déjà existants, ainsi qu'à la maintenance continue de ces technologies.

Une autre question à explorer est l'impact futur de l'IA dans le secteur du textile, qui emploie plus de 1,5 million de personnes, dont certains risquent à terme d'être remplacés par l'automatisation générée par l'IA. La population pourrait être confrontée à un problème social, qui pourrait partiellement se résoudre par la création de nouveaux emplois liés de près ou de loin à l'IA. Certains devront se reconvertir et, qui sait, peut-être se tourner vers d'autres secteurs, comme les services, qui pourraient offrir de nouvelles perspectives d'emploi. Citons, par exemple, les services d'aide à domicile pour les personnes âgées, au vu du vieillissement de la population en Europe.

7 Bibliographie

Adilsaffar. (2024, Février 13). *Microsoft dévoile de nouvelles solutions de données et d'IA dans Microsoft Cloud for Sustainability pour aider les organisations à tenir leurs engagements en matière de développement durable* – News Centre. Microsoft. Consulté le 25 février 2024, à l'adresse <https://news.microsoft.com/fr-fr/2024/02/13/microsoft-devoile-de-nouvelles-solutions-de-donnees-et-dia-dans-microsoft-cloud-for-sustainability-pour-aider-les-organisations-a-tenir-leurs-engagements-en-matiere-de-developpement-durable/>

Admin-Ecolo. (2024, 7 mai). *Quelles sont les innovations dans les textiles intelligents et durables pour réduire l'empreinte écologique des vêtements ? Sauvons la Planète*. Consulté le 14 mai 2024, à l'adresse https://sauvons-la-planete.com/quelles-sont-les-innovations-dans-les-textiles-intelligents-et-durables-pour-reduire-lempreinte-ecologique-des-vetements/#Lemergence_des_materiaux_innovants

Aljohani, A. (2023). Predictive analytics and machine learning for Real-Time supply chain risk mitigation and agility. *Sustainability*, 15(20), 15088. <https://doi.org/10.3390/su152015088>

Alliance du commerce & Deloitte. (2022). Les cahiers de la mode durable. Dans *Deloitte*. Deloitte. Consulté le 3 avril 2024, à l'adresse https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/fr/Documents/sustainabilityservices/deloitte_cahier-mode-durable-2-tracabilite.pdf

Allouard, H. (2020, 9 septembre). *L'IA dans le fashion bien plus qu'un phénomène de mode* ! Fashion Data. Consulté le 21 mai 2024, à l'adresse [https://www.fashiondata.io/lia-dans-le-fashion-bien-plus-quun-phenomene-de-mode/#:~:text=L'Intelligence%20Artificielle%20\(IA\),par%20de%20nombreuses%20marques%20internationales](https://www.fashiondata.io/lia-dans-le-fashion-bien-plus-quun-phenomene-de-mode/#:~:text=L'Intelligence%20Artificielle%20(IA),par%20de%20nombreuses%20marques%20internationales)

Alonso, T. (2023, 29 mars). *Stradivarius dévoile sa première campagne réinterprétée par une intelligence artificielle*. FashionNetwork.com. Consulté le 3 avril 2024, à l'adresse <https://fr.fashionnetwork.com/news/Stradivarius-devoile-sa-premiere-campagne-reinterpretee-par-une-intelligence-artificielle,1501269.html>

AMITY SCHOOL OF FASHION TECHNOLOGY. (2023). Proceedings of International Conference on Fashion Apparel & Textile 2023 INCFAT'23. Dans *researchgate* (1^{re} éd.). Theme "Life: Opportunities & Challenges For Fashion, Textiles & Design", Uttar Pradesh, Noida, Inde. EXCELLENT PUBLISHING HOUSE. https://www.researchgate.net/profile/Pradeep-Joshi/publication/379512757_Proceedings_of_International_Conference_on_Fashion_Apparel_Tex

[tile 2023 INCFAT'23/links/660d1a5610ca8679873739c5/Proceedings-of-International-Conference-on-Fashion-Apparel-Textile-2023-INCFAT23.pdf#page=74](https://tile.2023.INCFAT23/links/660d1a5610ca8679873739c5/Proceedings-of-International-Conference-on-Fashion-Apparel-Textile-2023-INCFAT23.pdf#page=74)

Ask HN. (s. d.). *Ask HN : What is an A.I. chip and how does it work ?* / Hacker News. Hacker News. Consulté le 6 août 2024, à l'adresse <https://news.ycombinator.com/item?id=36092831>

Aubert, M. (2023, 15 mai). *L'intelligence artificielle, un allié pour réduire l'empreinte carbone*. Le Connecteur. Consulté le 17 mai 2024, à l'adresse <https://leconnecteur.org/lintelligence-artificielle-un-allie-pour-reduire-lempreinte-carbone/>

Azala. (2023, 12 décembre). *Comment les réseaux sociaux transforment la mode ?* Consulté le 10 mars 2024, à l'adresse <https://azala.fr/blogs/industrie-de-la-mode-et-du-textile/comment-les-reseaux-sociaux-transforment-la-mode>

Baillier, D. & Grain de Malice. (s. d.). *Supply and Store : Store identity*. Fashion Data. Consulté le 24 mai 2024, à l'adresse <https://5051356.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/5051356/Fiches%20Use%20Case%20EN/Fiches%20Use%20Case%20Supply%20Store%20EN/Use%20Cases%20Supply%20&%20Store%20EN.pdf>

Banque national de Belgique. (2023, Juin). *Les conséquences économiques de l'intelligence artificielle : que sait-on ?* nbb.be. Consulté le 01 mars 2024, à l'adresse <https://www.nbb.be/fr/articles/les-consequences-economiques-de-lintelligence-artificielle-que-sait>

Beryl. (2024, 1 février). *25 marques éthiques pour un dressing responsable !* WeDressFair. Consulté le 09 mars 2024, à l'adresse <https://www.wedressfair.fr/blog/29-marques-ethiques-pour-un-dressing-responsable>

Bladt, M. (2024, 9 mai). *Comment l'intelligence artificielle va limiter le gaspillage des vêtements ?* Vogue France. <https://www.vogue.fr/article/intelligence-artificielle-mode-durable>

Blanco, M. (2024, 3 mai). *How can brands power through the recession with the help of AI and data analytics ?* Heuritech. Consulté le 27 mai 2024, à l'adresse <https://www.heuritech.com/articles/how-can-brands-power-through-the-recession-with-the-help-of-ai-and-data-analytics/>

Boesch, G. (2024, 2 avril). *Deep Reinforcement Learning : how it works and real world examples*. viso.ai. Consulté le 22 avril 2024, à l'adresse <https://viso.ai/deep-learning/deep-reinforcement-learning/>

Bodiguel, J. (2020, 15 mai). *Objectifs de développement durable*. Développement Durable. Consulté le 27 mars 2024, à l'adresse <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/objectifs-de-developpement-durable/>

Bouyanfif, S., & Mova Mika, N. (2021). *Comment intégrer l'Industrie 4.0 à partir de la supply chain et quels sont les impacts de cette intégration sur les compétences managériales ?* DIAL.

Consulté le 30 mars 2024, à l'adresse https://dial.uclouvain.be/downloader/downloader.php?pid=thesis%3A28273&datastream=PDF_01&cover=cover%20-mem

Brownlee, J. (2019, août 6). *A gentle introduction to early stopping to avoid overtraining neural networks*. Machinelearningmastery. Consulté le 21 juillet 2024, à l'adresse <https://machinelearningmastery.com/early-stopping-to-avoid-overtraining-neural-network-models/>

BRUEL, O., & MÉNAGE, P. (2019). *Politique d'achat et gestion des approvisionnements* (5^e éd.). Dunod. Consulté le 3 avril 2024, à l'adresse <https://www.dunod.com/sites/default/files/atoms/files/9782100788804/Feuilletage.pdf>

Çam, E., Zoe Hungerford, Niklas Schoch, Francys Pinto Miranda, Carlos David Yáñez de León, & International Energy Agency. (2024). *Electricity 2024, Analysis and Forecast 2026*. Dans *International Energy Agency*. International energy agency. Consulté le 6 mai 2024, à l'adresse <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ddd078a8-422b-44a9-a668-52355f24133b/Electricity2024-Analysisandforecastto2026.pdf>

Capobianco, A. (2019, 22 novembre). *Les barrières à la sortie*. Organisation de Coopération et de Développement Économiques. Consulté le 03 mars 2024, à l'adresse [https://one.oecd.org/document/DAF/COMP\(2019\)15/fr/pdf](https://one.oecd.org/document/DAF/COMP(2019)15/fr/pdf)

Celier, T. (2023, 18 juillet). *Comment l'IA transforme la mode et le retail*. Consulté le 22 mai 2024, à l'adresse <https://www.journaldunet.com/intelligence-artificielle/1523533-comment-l-ia-transforme-la-mode-et-le-retail/>

Chan, A. (2023, 6 avril). *The True Cost of Apparel Returns : Alarming Return Rates Require Loss-Minimization Solutions*. Coresight Research. Consulté le 30 mai 2024, à l'adresse <https://coresight.com/research/the-true-cost-of-apparel-returns-alarming-return-rates-require-loss-minimization-solutions/>

Cloudflare. (s. d.). *Qu'est-ce qu'un grand modèle de langage (LLM) ?* Consulté le 8 juillet 2024, à l'adresse <https://www.cloudflare.com/fr-fr/learning/ai/what-is-large-language-model/>

Coface for trade. (2022, février). *Textile-Habillement*. Coface For Trade. Consulté le 3 mars 2024, à l'adresse <https://www.coface.be/fr/Etudes-economiques/Textile-Habillement#:~:text=Le%20march%C3%A9%20de%20l%E2%80%99habillement,4%2C1%25%20en%202022>

Commission Européenne. (2022, 30 mars). *COMMUNICATION DE LA COMMISSION AU PARLEMENT EUROPÉEN, AU CONSEIL, AU COMITÉ ÉCONOMIQUE ET SOCIAL EUROPÉEN ET AU COMITÉ DES RÉGIONS -Stratégie de l'Union européenne pour des textiles durables et circulaires*. EUR-Lex. Consulté le 05 mars 2024, à l'adresse <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A52022DC0141>

Commission Européenne. (2021, 21 avril). *Proposition de RÈGLEMENT DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL ÉTABLISSANT DES RÈGLES HARMONISÉES CONCERNANT L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (LÉGISLATION SUR L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE) ET MODIFIANT CERTAINS ACTES LÉGISLATIFS DE L'UNION*. Eur-Lex. Consulté le 30 mars 2024, à l'adresse <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0206>

Comité européen des régions. (2022, 17 novembre). *COP27 : Les gouvernements infranationaux doivent être habilités à respecter l'accord de Paris sur le climat*. Comité Européen des régions. Consulté le 28 mars 2024, à l'adresse <https://cor.europa.eu/fr/news/Pages/cop27---press-statement.aspx>

Comyn, T. (2023, 7 avril). *Intelligence artificielle & Mode : Son impact sur l'industrie textile*. HYTRAPE. Consulté le 4 mai 2024, à l'adresse <https://hytrape.com/blogs/mode/intelligence-artificielle-mode-son-impact-sur-lindustrie-textile>

Conseil de l'Europe. (s. d.). *Les défis éthiques communément rencontrés en matière d'IA. Droits Humains et Biomédecine*. Consulté le 20 mars 2024, à l'adresse <https://www.coe.int/fr/web/bioethics/common-ethical-challenges-in-ai>

Container News Team. (2023, 13 octobre). *How AI and machine learning enhance route optimization : Container News*. Container News. Consulté le 22 avril 2024, à l'adresse <https://container-news.com/how-ai-and-machine-learning-enhance-route-optimization/>

Coppens, M. (2024, 6 mars). *Voici où finissent vraiment nos vêtements renvoyés : “Les retours ne sont pas rentables”*. Consulté le 30 mai 2024, à l'adresse <https://www.7sur7.be/ecologie/voici-ou-finissent-vraiment-nos-vetements-renvoyes-les-retours-ne-sont-pas-rentables~a294a9ae/#:~:text=Mauvaise%20taille%2C%20d%C3%A9faut%20de%20fabrication,vers%20des%20d%C3%A9charges%20ou%20d%C3%A9chiquet%C3%A9s>.

Courval C. (2021). *L'amélioration continue au cœur de la culture d'entreprise : propagation et acceptation de ces principes au travers d'une démarche virale*. [Thèse de Doctorat]. Université Caen Normandie. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03429223/document>

Dallaire-Nicholas, N. (2021). *L'impact de l'intelligence artificielle en droit de l'environnement* [Thèse]. Université de Sherbrooke, Québec. Dans *Maîtrise en biologie avec cheminement en sciences de la vie et droit*. https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/18285/Dallaire_Nicholas_Noemie_MSc_2021.pdf?sequence=4

Davies, P. (2023, 3 novembre). *Un accord historique sur la sécurité liée à l'IA, conclu au Sommet mondial sur l'IA*. Euronews. Consulté le 3 avril 2024, à l'adresse <https://fr.euronews.com/next/2023/11/02/un-accord-historique-sur-la-securite-liee-a-lia-conclu-au-sommet-mondial-sur-lia#:~:text=Next%20Actualite%20Tech-.Un%20accord%20historique%20sur%20la%20s%C3%A9curit%C3%A9%20li%C3%A9e%20%C3%A0%20l'IA,sommet%20mondial%20sur%20l'IA&text=Des%20repr%C3%A9sentants%20et%20des%20entreprises,IA%20dits%20%22pionniers%22>

Davis Wright Tremaine. (2023, 7 novembre). *Project W : Q&A with Sarika Bajaj, co-founder of Refiberd*. Consulté le 15 mai 2024, à l'adresse <https://www.dwt.com/insights/2023/07/project-w-qa-sarika-bajaj>

Derlon, O., & Mark, O. (2024, 9 avril). *Détricoter le dilemme des retours en magasin grâce à l'IA*. Daphni. Consulté le 3 juin 2024, à l'adresse <https://www.daphni.com/detricoter-le-dilemme-des-retours-en-magasin-grace-a-lia/>

Dilmegani, C. (2024, 11 janvier). *Collaborative Robots (Cobots) : In-depth Guide for 2024*. AIMultiple Research. Consulté le 7 mai 2024, à l'adresse <https://research.aimultiple.com/cobot/>

ECOALF. (n.d.). *ECOALF - Mode durable et recyclée*. Consulté le 03 mars 2024, à l'adresse <https://ecoalf.com/fr>

Ecommerce Europe, Centre for Market Insights of the Amsterdam University of Applied Sciences, & Cassetti, L. (2023). *Europe E-Commerce Report 2023* [Report]. Consulté le 30 mai 2024, à l'adresse <https://www.upu.int/UPU/media/wwwUpuIntUniversalPostalUnionAboutUpuBodiesConsultativeCommittee/2023EuropeanEcommerceReportEn.pdf>

El Boudkhani W.(2020). Du Big Data à l'intelligence artificielle : Quel avenir pour le métier d'auditeur ? [Mémoire de Master]. ICHEC. https://cataloguebibliotheque.ichec.be/doc_num.php?explnum_id=149

El Kadiri, B. (2022). *GESTION DES STOCKS ET APPROVISIONNEMENTS* [Mémoire de Master]. Université Mohammed 1er. http://elkadiridriss.magix.net/public/Files/polycopie_gestion_des_stocks.pdf

El Mernissi, M., Donat, R., Hamzaoui, M., & Julien, N. (2023, 7 juin). *Modélisation comportementale d'un data center pour le développement d'un jumeau numérique*. Hal.Science. Consulté le 12 mai 2024, à l'adresse <https://hal.science/hal-04116913/document>

Etx, R. A., & Etx, R. A. (2023, Avril 22). *À combien pourrait s'élever l'empreinte carbone de ChatGPT ?* RTBF. Consulté le 30 février 2024, à l'adresse <https://www.rtbef.be/article/a-combien-pourrait-selever-lempreinte-carbone-de-chatgpt-11186379>

European Innovation Council. (s. d.). *Smartex : Detection of defective textile production*. Consulté le 7 mai 2024, à l'adresse https://eic.ec.europa.eu/success-stories/smartex-detection-defective-textile-production_en

European Parliament. (s. d.). *Chatbots and AI*. Dans *European Parliament*. Consulté le 4 avril 2024, à l'adresse [https://www.europarl.europa.eu/RegData/publications/divers/2019/010619/EP-PE_DV\(2019\)010619\(ANN02\)_XL.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/publications/divers/2019/010619/EP-PE_DV(2019)010619(ANN02)_XL.pdf)

Externe, C. (2024, Mars 4). Quel cadre pour mener les entreprises vers une transition durable. *La Libre.be*. Consulté le 25 février 2024, à l'adresse <https://www.lalibre.be/economie/decideurs-chroniqueurs/2024/03/04/quel-cadre-pour-mener-lesentreprises-vers-une-transition-durable-CDOZCTCCZACZJG3A2D3N6MNGY/>

Fashion Data. (s. d.). Order Scheduling : enseigne de prêt-à-porter féminin. Dans *Fashion Data*. Consulté le 24 mai 2024, à l'adresse [https://fs.hubspotusercontent00.net/hubfs/5051356/Fiches%20Use%20Case/Fiches%20Use%20Case%20Product/Fiche%20Use%20Case%20Order%20Scheduling%20\(Product\).pdf](https://fs.hubspotusercontent00.net/hubfs/5051356/Fiches%20Use%20Case/Fiches%20Use%20Case%20Product/Fiche%20Use%20Case%20Order%20Scheduling%20(Product).pdf)

Fashion Data. (s. d.-a). Demand forecast : pour estimer finement les ventes futures afin de ne produire que ce que l'enseigne est en mesure de vendre. Dans *Demand Forecast*. Fashiondata. https://f.hubspotusercontent00.net/hubfs/5051356/6-%20Demand%20Forecast/Demand%20Forecast%20by%20Fashion%20Data%20-%20Fiche%20Offre.pdf?_hstc=57968821.05bcb2ee107b579a7c5daa5f4d2c82e5.1715680569597.1716297186311.1716377137952.5&_hssc=57968821.15.1716377137952&_hsfp=1229423543&hsCtaTracking=b9253263-da14-44e7-965e-9642276d163f%7C5d4a526c-5705-4e0d-a25f-7d3751dbd217

Fashion Data. (s. d.-c). Sales Reforecast-enseigne de prêt-à-porter féminin. Dans *Fashion Data*. Consulté le 24 mai 2024, à l'adresse [https://5051356.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/5051356/Fiches%20Use%20Case/Fiches%20Use%20Case%20Product/Fiche%20Use%20Case%20-%20Sales%20Reforecast%20\(Product\).pdf](https://5051356.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/5051356/Fiches%20Use%20Case/Fiches%20Use%20Case%20Product/Fiche%20Use%20Case%20-%20Sales%20Reforecast%20(Product).pdf)

Fashion For Good. (2022, 12 juillet). *Refiberd* [Vidéo]. LinkedIn. Consulté le 15 mai 2024, à l'adresse https://www.linkedin.com/posts/fashionforgood_refiberd-activity-6952603666163896320-RCHs/?utm_source=linkedin_share&utm_medium=member_desktop_web

FashionNetwork.com FR. (2023, Octobre 25). *Inditex (Zara) investit 70 millions d'euros dans une solution de polyester recyclé*. Fashion Network. Consulté le 01 mars 2024, à l'adresse <https://fr.fashionnetwork.com/news/Inditex-investit-70-millions-d-euros-dans-une-solution-de-polyester-%20recycle,1570271.html>

FashionNetwork.com.FR. (2007, 4 avril). *Couture et haute couture : entre prestige et rentabilité, le dilemme du " ; faire " ; ou du " ; faire faire " ;* FashionNetwork.com. Consulté le 1 avril 2024, à l'adresse <https://fr.fashionnetwork.com/news/Couture-et-haute-couture-entre-prestige-et-rentabilite-le-dilemme-du-faire-ou-du-faire-faire-,103252.html>

Fitmatch.AI. (s. d.). *What is fit : match and how does it work ?* Consulté le 3 juin 2024, à l'adresse <https://www.fitmatch.ai/how-it-works>

Fondation pour les générations futures. (s. d.). *Développement soutenable*. Consulté le 23 mars 2024, à l'adresse <https://www.futuregenerations.be/fr/developpement-soutenable>

Fruleux, S. (2024, 13 mars). *Bilan carbone de l'IA : à la fois colossal et sous-évalué - Colibris Blog*. Consulté le 10 juin 2024, à l'adresse <https://www.colibris.app/en/blog/bilan-carbone-ia-colossal-et-sous-evalue>

Garanhel, M. (2024, 30 avril). *Top 20 artificial intelligence chips of choice in 2022*. AI Accelerator Institute. Consulté le 8 août 2024, à l'adresse <https://www.aiacceleratorinstitute.com/top-20-chips-choice/>

Gijsbrechts, R. B. & J. (2020, 17 mai). *How AI can make supply chains more sustainable*. Supply Chain Magazine. Consulté le 22 avril 2024, à l'adresse <https://supplychaindigital.com/technology/how-ai-can-make-supply-chains-more-sustainable>

Giovannangeli, L. (2023). *Génération et Évaluation de Visualisations avec des techniques d'Apprentissage Automatique* [Thèse Master, Université de Bordeaux]. https://theses.hal.science/tel-04312123v1/file/GIOVANNANGELI_LOANN_2023.pdf

Google. (s. d.). *TPU (Tensor Processing Unit)*. Google Cloud. Consulté le 1 août 2024, à l'adresse <https://cloud.google.com/tpu?hl=fr>

Gossein, L. (2024, 30 avril). *Apparel Manufacturing Efficiency : The Power of Data-Driven Strategies in the Fashion industry*. Heuritech. Consulté le 21 mai 2024, à l'adresse <https://www.heuritech.com/articles/apparel-manufacturing-efficiency-data-driven-strategies-fashion-industry/>

Grandmontagne, Y. (2023, 21 décembre). *Comment réduire la consommation d'eau des systèmes de refroidissement des data centers ?* DCMag. Consulté le 12 mai 2024, à l'adresse <https://dcmag.fr/comment-reduire-la-consommation-deau-des-systemes-de-refroidissement-des-data-centers/#:~:text=De%20l'usage%20de%20l'eau%20dans%20les%20datacenters&text=La%20plupart%20des%20data%20centers,un%20syst%C3%A8me%20de%20free%20chilling>

Gros, M. (2018, août 22). *Google contrôle par l'IA le refroidissement de ses datacenters*. LeMondeInformatique. Consulté le 22 mai 2024, à l'adresse <https://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-google-controle-par-l-ia-le-refroidissement-de-ses-datacenters-72616.html>

Guiheneuf, G. (2021, 14 mars). *Qu'est-ce que la production agile ?* Consulté le 4 avril 2024, à l'adresse <https://on.factorysoftware.fr/aveva-place-la-cybers%C3%A9curit%C3%A9-auc%C5%93ur-de-la-transformation-digitale-0>

Hemant, K. M. (2024, 16 janvier). *Understanding Text Representation in Natural Language Processing*. Medium. [https://medium.com/@khemanta/understanding-text-representation-in-natural-language-processing-4a3444bddf62`](https://medium.com/@khemanta/understanding-text-representation-in-natural-language-processing-4a3444bddf62)

Herr, M. L., Muzira, T. J., & Bureau international du Travail. (2012). *Le développement des chaînes de valeur au service du travail décent* (Première édition 2012) [E-book]. Bureau international du Travail. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/documents/publication/wcms_202880.pdf

Heuritech. (2024). Threads of Resilience : weaving hope and heritage. Dans *Fall Winter '24 Fashion Weeks Report*. Consulté le 28 mai 2024, à l'adresse https://4352661.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/4352661/Market%20Reports/FW%2024%20Womens%20Fashion%20Week%20Report.pdf?_hstc=176009021.d650312383a66dd68cfb242b941dc269.1715680683046.171682937905.5.1716891041088.9&_hssc=176009021.1.1716891041088

IBM. (s. d.). *Éthique de l'IA*. Consulté le 20 mars 2024, à l'adresse <https://www.ibm.com/fr-fr/topics/ai-ethics>

Idini, A. (2022, 27 octobre). *La mode éthique : l'avenir de nos garde-robes*. Luxe Talent. Consulté le 09 mars 2024, à l'adresse <https://www.luxetalent.fr/mode-ethique-lavenir-robres/>

IFTH. (2024, 29 février). *IFTH innove pour réduire l'impact environnemental dans l'industrie mode & textile*. IFTH - Institut Français du Textile et de L'Habillement. Consulté le 10 mars 2024, à l'adresse <https://www.ifth.org/2024/02/29/ifth-innove-pour-reduire-limpact-environnemental-dans-lindustrie-mode-textile/>

Ingénieurs marketing IA. (2024, 10 mai). *The future of AI hardware : specialized chips and quantum computing*. Ingénieurs Marketing IA. Consulté le 1 août 2024, à l'adresse <https://aimarketingengineers.com/fr/lavenir-des-puces-specialisees-en-materiel-ia-et-de-linformatique-quantique/>

Intelligence artificielle : définition et utilisation. (2020, 9 juillet). Parlement Européen. Consulté le 15 mars 2024, à l'adresse <https://www.europarl.europa.eu/topics/fr/article/20200827STO85804/intelligence-artificielle-definition-et-utilisation>

Intelistyle. (2021, 1 mars). *AI Innovation in fashion Report : Why A.I projects fail*. Google Docs. Consulté le 8 juin 2024, à l'adresse https://drive.google.com/file/d/1qME74kzF_ExHoWmCpNfIkKFJrojZXHBn/view

Isla, P. (2012). *Code de conduite et de pratique responsable*. Consulté le 3 mars 2024, à l'adresse https://www.inditex.com/itxcomweb/api/media/cd0661dd-32ff-4c25-8d8b-ef9c77fc0d26/ZARA_codigo_conducta_FR.pdf?t=1663015482240

Khan, S. M., & Mann, A. (2024, 8 janvier). *AI chips : What they are and Why They matter* / Center for Security and Emerging Technology. Center For Security And Emerging Technology. Consulté le 7 août 2024, à l'adresse <https://cset.georgetown.edu/publication/ai-chips-what-they-are-and-why-they-matter>

Kieffer, D. (2022, 14 décembre). *Pollution numérique et Intelligence Artificielle : comment réduire l'empreinte carbone ?* Optimease. Consulté le 17 mai 2024, à l'adresse <https://optimease.eu/pollution-numerique-et-intelligence-artificielle-comment-reduire-lempreinte-carbone/>

La Face, S. (2023, 2 mai). *Key ways Artificial intelligence (AI) will power integrated logistics*. Maersk. Consulté le 22 avril 2024, à l'adresse <https://www.maersk.com/insights/integrated-logistics/2023/05/02/cloud-and-artificial-intelligence-logistics>

Le Goff, T. (2023). *Recommandations pour une action publique en faveur d'une IA générative respectueuse de l'environnement*. Arxiv.org. Consulté le 17 juillet 2024, à l'adresse <https://arxiv.org/pdf/2402.01646>

Laurène, L. F. (2024, 17 avril). *La loi anti-gaspillage pour une économie circulaire*. Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires. Consulté le 7 juin 2024, à l'adresse <https://www.ecologie.gouv.fr/loi-anti-gaspillage-economie-circulaire>

Kaced, Y. (2019). *Études du refroidissement par free cooling indirect d'un bâtiment exothermique : application au centre de données* [Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Sud]. <https://theses.hal.science/tel-02344851/file/2018theseKacedY.pdf>

Knitting industry. (2023, 18 mai). *Transforming supply chain traceability with Smartex Loop*. Knitting Industry. Consulté le 7 mai 2024, à l'adresse <https://www.knittingindustry.com/transforming-supply-chain-traceability-with-smartex-loop/>

Kremer, Dr. H. (2023, 18 juillet). *Transforming luxury fashion inventory management with generative AI*. OMMAX. Consulté le 21 mai 2024, à l'adresse <https://www.ommax-digital.com/en/insights/industry-insights/transforming-luxury-fashion-inventory-management-with-generative-ai/>

Kunoka I. (2023). *Comment l'industrie de la mode peut-elle réduire l'écart entre l'attitude et le comportement liés à la mode durable ?* [Mémoire de Master]. ICHEC. https://cataloguebibliotheque.ichec.be/doc_num.php?explnum_id=528

Lechien, A. (2023, 26 septembre). *Commerce en ligne : les firmes tentent de réduire l'impact économique et écologique des retours de colis*. RTBF. Consulté le 3 juin 2024, à l'adresse <https://www.rtbf.be/article/commerce-en-ligne-les-firmes-tendent-de-reduire-l-impact-economique-et-ecologique-des-retours-de-colis-11262016>

McKinsey & Company. (2021, 30 avril). *Succeeding in the AI supply-chain revolution*. Consulté le 22 avril 2024, à l'adresse <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/succeeding-in-the-ai-supply-chain-revolution>

M, G. (2010, 26 mai). *L'évolution de l'organisation de la production de 1980-1990 - Management*. Management. Consulté le 5 mars 2024, à l'adresse <http://production-management.over-blog.com/article-l-evolution-de-l-organisation-de-la-production-de-1980-1990-51097836.html>

Microsoft. (2024, Février 13). *Microsoft dévoile de nouvelles solutions de données et d'IA dans Microsoft Cloud for Sustainability pour aider les organisations à tenir leurs engagements en matière de développement durable* – News Centre. Consulté le 25 février 2024, à l'adresse <https://news.microsoft.com/fr-fr/2024/02/13/microsoft-devoile-de-nouvelles-solutions-de->

[donnees-et-dia-dans-microsoft-cloud-for-sustainability-pour-aider-les-organisations-a-tenir-leurs-engagements-en-matiere-de-developpement-durable/](#)

Microsoft. (s. d.). *All about Neural Processing Units (NPUs) - Microsoft Support*. Consulté le 2 août 2024, à l'adresse <https://support.microsoft.com/en-us/windows/all-about-neural-processing-units-npus-e77a5637-7705-4915-96c8-0c6a975f9db4>

Moerman, J. (2021, 21 juin). Quelle pollution le numérique entraîne-t-il sur l'environnement ? Écoconso. Consulté le 17 mai 2024, à l'adresse <https://www.ecoconso.be/fr/content/quelle-pollution-le-numerique-entraîne-t-il-sur-lenvironnement>

Mondialisation. (2022, 5 février). *Atacama : un désert de vêtements à perte de vue*. Mr Mondialisation. Consulté le 3 juin 2024, à l'adresse <https://mrmondialisation.org/atacama-un-desert-de-vetements-a-perde-de-vue/>

Munster, P. J. (2023, 24 juillet). Le data center belge de Google consomme un million de m3 d'eau par an. *Le Soir*. Consulté le 10 mai 2024, à l'adresse <https://www.lesoir.be/527232/article/2023-07-24/le-data-center-belge-de-google-consomme-un-million-de-m3-deau-par>

Nakagawa, M. (2024, 16 avril). *Sustainable by design : Advancing the sustainability of AI - The Official Microsoft Blog*. The Official Microsoft Blog. Consulté le 30 juillet 2024, à l'adresse <https://blogs.microsoft.com/blog/2024/04/02/sustainable-by-design-advancing-the-sustainability-of-ai/>

Naveed, H., Ullah Khan, A., Qiu, S., Saqib, M., Anwar, S., Usman, M., Akhtar, N., Barnes, N., & Mian, A. (2024). *A comprehensive overview of large language models* [PHD, University of Engineering and Technology, The Chinese University of Hong Kong, University of Technology Sydney, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Joint Research Center for Artificial Intelligence, The University of Melbourne, Australian National University, The University of Western Australia]. <https://arxiv.org/pdf/2307.06435>

Noa. (2024, 22 avril). *Le bilan carbone de l'intelligence artificielle*. IA School. Consulté le 9 mai 2024, à l'adresse <https://www.intelligence-artificielle-school.com/actualite/bilan-carbone-de-l-intelligence-artificielle-analyse-et-axes-d-amelioration/>

Nooitgedagt, S. (2016, 3 octobre). Trouble Andrew. *Metal Magazine*. Consulté le 3 avril 2024, à l'adresse <https://metalmagazine.eu/post/trouble-andrew-guccighost>

Nortek Air Solutions. (2015). *Free Cooling Concepts for Data Centers*. Consulté le 22 mai 2024, à l'adresse <https://www.nortekair.com/wp-content/uploads/2017/01/Free-Cooling-Concepts-for-Data-Centers.pdf>

Obé, B. G.-. L. (n.d.). *La mode sans dessus-dessous*. Multimedia Ademe. Consulté le 03 mars 2024, à l'adresse <https://multimedia.ademe.fr/infographies/infographie-mode-gqf/>

Office Of The Secretary, The National Commission for the Protection of Human Subjects of Biomedical and Behavioral Research, Kenneth John Ryan, M. D., Joseph V. Brady, Ph. D., Robert E. Cooke, M. D., Dorothy I. Height, Albert R. Jonsen, Ph. D., Patricia King, J. D., Karen Lebacqz, Ph. D., David W. Louisell, J. D., Donald W. Seldin, M. D., Eliot Stellar, Ph. D., & Robert H. Turtle, LL. B. (1979). *THE BELMONT REPORT*. Consulté le 22 mars 2024, à l'adresse https://www.citiprogram.org/citidocuments/001pic/1127_the_belmont_report.pdf

Omdena. (2023, 13 novembre). *AI-Enhanced route optimization for Last-Mile delivery*. Consulté le 22 avril 2024, à l'adresse <https://www.omdena.com/blog/ai-enhanced-route-optimization-for-last-mile-delivery-at-omdena>

Parlement européen. (2023, Juin 20). *Intelligence artificielle : opportunités et risques*. Thèmes : Parlement Européen. Consulté le 25 février 2024, à l'adresse <https://www.europarl.europa.eu/topics/fr/article/20200918STO87404/intelligence-artificielle-opportunités-et-risques>

Parlement européen. (2023a). *Législation sur l'intelligence artificielle*. Consulté le 3 avril 2024, à l'adresse https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0236_FR.pdf

Parlement européen. (2024, Mars 19). *Production et déchets textiles : les impacts sur l'environnement (infographies) | Thèmes | Parlement européen*. Thèmes | Parlement Européen. Consulté le 28 février 2024, à l'adresse <https://www.europarl.europa.eu/topics/fr/article/20201208STO93327/production-et-dechets-textiles-lesimpacts-sur-l-environnement-infographies>

Parlement européen. (2024a, mars 13). *Intelligence artificielle : les députés adoptent une législation historique*. Actualité-Parlement Européen. Consulté le 28 mars 2024, à l'adresse <https://www.europarl.europa.eu/news/fr/press-room/20240308IPR19015/intelligence-artificielle-les-deputés-adoptent-une-legislation-historique>

Press corner. (2022, mars 30). European Commission - European Commission. Consulté le 03 mars 2024, à l'adresse https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/qanda_22_2015

Post Industria. (2022, 10 juillet). *How AI technology can contribute to inventory management system in fashion Retail – PostIndustria*. Consulté le 22 mai 2024, à l'adresse <https://postindustria.com/how-ai-technology-can-contribute-to-inventory-management-system-in-fashion-retail/>

Reddit. (s. d.). *Companies building specialized chips for LLM inference*. Reddit. Consulté le 7 août 2024, à l'adresse https://www.reddit.com/r/LocalLLaMA/comments/1cgfsoi/companies_building_specialized_chips_for_llm/

Refiberd. (s. d.). *Refiberd : Our technology*. Consulté le 15 mai 2024, à l'adresse <https://refiberd.com/technology/>

Renoulet, D. (2023, 9 juin). Au Chili, en plein désert d'Atacama, des montagnes de fringues usagées visibles depuis l'espace. *Geo.fr*. <https://www.geo.fr/environnement/chili-desert-atacama-montagnes-vetements-fringues-usages-visibles-depuis-espace-fast-fashion-215072>

Riili, V., & Bezze, L. (2023, 27 octobre). *The AI revolution in fashion : Here's why retailers and consumers are excited*. Think With Google. Consulté le 13 juillet 2024, à l'adresse <https://www.thinkwithgoogle.com/intl/en-emea/marketing-strategies/automation/artificial-intelligence-and-fashion/>

Rose C. (2016). Proposition d'amélioration de l'expérience online de la clientèle belge de l'entreprise Smets via la détection de certains stimuli atmosphériques problématiques du site web. [Mémoire de Master]. Louvain School Of Management. https://dial.uclouvain.be/memoire/ucl/fr/object/thesis:7211/datastream/PDF_01/view

Rufer, B. (2019, 20 février). *L'IA au service de l'industrie textile et de la mode*. La Tribune. Consulté le 7 mai 2024, à l'adresse <https://www.latribune.fr/opinions/tribunes/l-ia-au-service-de-l-industrie-textile-et-de-la-mode-807990.html>

Rymmassen. (2024). L'Impact Écologique de l'Intelligence Artificielle : Un Défi à l'Ère du Numérique. *Marketing Numérique | Digital Marketing | HEC Montréal*. <https://digital.hec.ca/blog/limpact-ecologique-de-lintelligence-artificielle-un-defi-a-lere-du-numerique/>

Salesforce. (s. d.). *How artificial intelligence powers personalized shopping*. Consulté le 9 juillet 2024, à l'adresse <https://www.salesforce.com/products/commerce-cloud/resources/personalized-shopping/?bc=HA>

Scheier, R., & Fléchaux, R. (2024, 9 février). *Développement durable : 4 pistes pour une IA plus vertueuse*. Le Monde Informatique. Consulté le 9 mai 2024, à l'adresse <https://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-developpement-durable-4-pistes-pour-une-ia-plus-vertueuse-92922.html#:~:text=Utiliser%20moins%20de%20donn%C3%A9es,carbone%20li%C3%A9es%20%C3%A0%20l'IA.>

Scient. (2021, 1 février). *Intelligence artificielle & la mode*. Consulté le 7 mai 2024, à l'adresse <https://scient.fr/article-intelligence-artificielle-la-mode/>

Service Changements climatiques. (s. d.). *Enquêtes sur le climat*. Klimaat | Climat. Consulté le 05 mars 2024, à l'adresse <https://climat.be/en-belgique/communication-et-education/enquetes-sur-le-climat>

Smartex ai. (s. d.). *Impact*. Smartex. Consulté le 7 mai 2024, à l'adresse <https://www.smartex.ai/impact>

Smartex Press. (2023, 4 octobre). Introducing Smartex FACT : a Digital Textile Factory in Your Pocket. *Smartex*. Consulté le 7 mai 2024, à l'adresse <https://www.smartex.ai/post/smartex-fact-a-digital-textile-factory-in-your-pocket>

Swysen, D. (2023). Bientôt un changement de taille lors de vos achats en ligne : la Belgique veut en finir avec le retour gratuit de marchandises ! *sudinfo.be*. <https://www.sudinfo.be/id663829/article/2023-05-11/bientot-un-changement-de-taille-lors-de-vos-achats-en-ligne-la-belgique-veut-en>

Team, A. (2023, 30 juin). *How AI Personalization can improve your customer experience*. AIContentfy. Consulté le 9 juillet 2024, à l'adresse <https://aicontentfy.com/en/blog/how-ai-personalization-can-improve-customer-experience>

Team, G. (2024, 26 mars). *The role of artificial intelligence in creating sustainable supply chains*. Global Partner Solutions. Consulté le 22 avril 2024, à l'adresse <https://www.gpsi-intl.com/blog/the-role-of-artificial-intelligence-in-creating-sustainable-supply-chains/#3>

Thirifay C. (2021). Analyse de l'évolution de l'industrie du textile et de l'habillement et du phénomène de fast-fashion vers un modèle d'économie circulaire, du côté des entreprises comme des consommateurs. Application à la région bruxelloise. [Mémoire de Master]. ICHEC. https://cataloguebibliotheque.ichec.be/doc_num.php?explnum_id=248

United Nations. (s. d.-a). *Equilibrer les piliers du développement durable*. Consulté le 27 mars 2024, à l'adresse <https://www.un.org/fr/desa/piliers-developpement-durable>

United Nations. (s. d.). *L'ONU pour une industrie de la mode plus durable dans le sillage de la COVID-19 / Nations Unies*. Consulté le 05 mars 2024, à l'adresse <https://www.un.org/fr/coronavirus/articles/impact-on-sustainable-fashion>

Van Driessche, L. (2023). Limiter les retours d'achats en ligne, un enjeu de durabilité et de rentabilité. *L'écho*. <https://www.lecho.be/entreprises/grande-distribution/limiter-les-retours-d-achats-en-ligne-un-enjeu-de-durabilite-et-de-rentabilite/10467997.html>

VERTIV. (2023, 3 mai). *Mesure de l'impact sur le PUE et la consommation électrique de l'introduction du refroidissement liquide dans un datacenter refroidi à l'air*. Consulté le 13 mai 2024, à l'adresse <https://www.vertiv.com/fr-emea/about/news-and-insights/articles/blog-posts/quantifying-data-center-pue-when-introducing-liquid-cooling/>

Vasilis, T. (2024, 15 juillet). *Edge AI vs. Cloud AI*. Apify Blog. Consulté le 30 juillet 2024, à l'adresse <https://blog.apify.com/edge-ai-vs-cloud-ai/>

Vincent, J. (2017, 19 octobre). Mobile AI Chips : A Brief guide. *The Verge*. <https://www.theverge.com/2017/10/19/16502538/mobile-ai-chips-apple-google-huawei-qualcomm>

Waerseggers, A. (2021). *Impact de l'utilisation de l'intelligence artificielle sur l'empreinte carbone des entreprises* [Mémoire, Ichech Brussels Management School]. https://cataloguebibliotheque.ichec.be/doc_num.php?explnum_id=256

Yevgeny, D. (2024, 22 février). *Groq's new AI chip offers to increase ChatGPT speed by 13 times*. Mezha. Consulté le 30 juillet 2024, à l'adresse <https://mezha.media/en/2024/02/22/groq-s-new-ai-chip-offers-to-increase-chatgpt-speed-by-13-times/>

Zhou, W., Xu, C., Ge, T., McAuley, J., Xu, K., & Wei, F. (2020, 7 juin). *BERT loses patience : fast and robust inference with early exit*. arXiv.org. Consulté le 21 juillet 2024, à l'adresse <https://arxiv.org/abs/2006.04152>

Zhu, L., Yang, D., Zhu, T., Reda, F., Chan, W., Saharia, C., Norouzi, M., & Kemelmacher-Shlizerman, I. (2023). *TryOnDiffusion : A tale of two UNETs* [IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2023, University of Washington]. <https://tryondiffusion.github.io/>