

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

Université de Tébessa



Faculté des Sciences Exactes
et Sciences de la Nature et de la

Département des mathématiques et informatique

Mémoire
Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Filière : (Mathématiques/Informatique)

Option : **Systeme d'infomation**

Par
Hamed Iness

**Un système intelligent d'aide a la décision pour la
planification urbain**

Date de soutenance : 30/06/2022

Devant le jury

Prénom et nom	Grade	Etablissement	Président
M.Ridda Laouar	Prof	Etablissement	Rapporteur
Prénom et nom	Grade	Etablissement	Examineur

Année Universitaire: **2021/2022**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Remerciement

Nous remercions **ALLAH** tout puissant pour nous avoir donné la foi et éclairé notre chemin vers la réussite durant toutes nos années d'étude.

Nous voudrions à remercier notre enseignant et encadreur de mémoire :

- ❖ **Pr.M.Ridda Laouar** qui a accepté la direction de ce travail ainsi que pour ses conseil judicieux et précieux, ses compétences scientifiques,
- ❖ Aussi nous voudrions à remercier les membres de jury d'avoir accepté de noter cette mémoire.



Dédicace

A ma mère,

Mon père

Et tous ma famille

Sommaires

Introduction generale

1. Introduction générale.....	1
2. La structure du mémoire	1

Chapitre 1 : Planification urbain & La gestion des déchets

1. Introduction	3
2. Définition	3
3. Les activités de la planification urbain.....	4
4. Les objectifs de la planification urbaine.....	4
5. Les fondamentaux de la planification urbaine	5
6. L'évaluation de la planification urbaine	6
6.1. Projet urbain	6
6.2. Types de projets urbains.....	6
7. Les stratégies de planification urbaine	7
8. Définition des déchets.....	8
9. Source de déchets.....	8
10. Les caractéristiques des déchets.....	8
11. Classification des déchets.....	9
11.1. Déchets organiques.....	9
11.2. Déchets recyclables	9

11.3. Déchets industriels	10
11.4. Déchets hospitaliers.....	10
11.5. Déchets électroniques.....	10
11.6. Déchets nucléaires.....	11
12. La gestion des déchets	11
12.1. La gestion de collecte des déchets.....	12
12.2. Le traitement des déchets	12
12.3. Récupération de matériaux.....	13
12.4. Recyclage des déchets.....	13
12.5. La valorisation organique.....	13
13. Conclusion	14

Chapitre 2 : L'aide à la décision

1. Introduction	15
2. Notion de la décision.....	15
3. Aide à la décision	15
4. Evolution des systèmes d'aide à la décision (SIAD)	16
5. Les approches d'aide a la décision	16
5.1. Les systems à base de connaissances	16
5.2. Les systèmes à base de réseaux de neurones.....	17
5.3. Les systèmes assistés par les agents intelligents.	17
5.4. Les systèmes basés sur la logique floue	18
5.5. La fouille des données et la fouille des traitements.....	18
5.6. L'apprentissage machine et l'apprentissage profond	19
6. Conclusion	20

Chapitre 3 : Les approches d'apprentissage automatique pour l'aide à la décision des projets urbain: Cas d'études : La gestion des déchets

1. Introduction	22
2. Intelligence artificielle	22

.3	Machine Learning	22
3.1.	Apprentissage supervisé	22
3.2.	Apprentissage non supervisé	23
4.	Deep Learning	23
4.1.	Définition	23
4.2.	Deep Learning VS Machine Learning	24
4.2.1.	Extraction des caractéristiques	24
4.2.2.	La performance	24
4.3.	Le fonctionnement	24
4.4.	Quelques algorithmes de Deep Learning	25
4.4.1.	<i>Modèles à partir de zéro (From Scratch)</i>	26
•	DNN	26
•	RNN	26
•	CNN	26
4.4.2.	<i>Modèles pré-entraînés (Pretrained models)</i>	27
•	VGG-16	28
•	VGG-19	28
•	ResNet	29
•	AlexNet	29
5.	Apprentissage automatique pour la gestion des déchets	30
.6	Les Datasets	30
6.1.	TrashCan 1.0	31
6.2.	Trash-ICRA19	31
6.3.	TACO	32
6.4.	Trashnet	33
6.5.	Waste Classification data	33
6.6.	Litter	34
6.7.	TrashBox dataset	35
6.8.	Comparaison des datasets	35
7.	Les travaux connexes	36
7.1.	Classification	36
7.2.	Segmentation	37
8.	Synthèse	37

9. Conclusion	38
----------------------------	-----------

Chapitre 4 : Contribution & Implémentation

1. Introduction	40
.2 CNN pour la classification des images.....	40
.3 Architecture générale	40
4. Architecture détaillée du système proposé.....	41
5. Architecture du modèle CNN	42
6. Model from scratch	43
5.1. Model Transfer Learning (VGG 16)	44
7. Environnement de développement.....	45
7.1. Python	45
7.2. Google colab.....	46
7.3. Numpy	46
7.4. Pandas	46
7.5. Keras	47
7.6. Tensorflow.....	47
7.7. Matplotlib	47
8. Dataset	47
9. Etapes d'implémentation	48
9.1. Importation des bibliographie	48
9.2. Importation de dataset	49
9.3. Unzip le fichier de dataste	49
9.4. Englober les classes de dataset.....	49
9.5. Prétraitement de données.....	49
9.5.1. Augmentation de données	49
9.5.2. Préparation des données	50
9.5.3. Renommer les classes (labels).....	50
9.6. Création du premier model (CNN from scratch).....	50
9.7. Création du deuxième model (CNN transfer learning : VGG16)	51

10. Résultat et discussion	51
10.1. Mesures d'évaluation	51
• Model CNN.....	51
• Exemple de prédiction.....	53
• Model VGG16	53

Conclusion generale

1. Conclusion	56
2. Perspectives	56

Listes des figures

Figure 1. 1:Quelques composantes du système urbain [2]	4
Figure 1. 2:Principes de la planification urbaine [4]	6
Figure 1. 3:Déchets organiques	9
Figure 1. 4:Déchets recyclables.....	9
Figure 1. 5:Déchets industriels.....	10
Figure 1. 6:Déchets hospitaliers	10
Figure 1. 7:Déchets électroniques	11
Figure 1. 8:Déchets nucléaires	11
Figure 1. 9:Cycle de vie de déchets [14].....	12
Figure 2. 1: Architecture d'un système à base de connaissances [21]	16
Figure 2. 2: Perceptron biologique VS perceptron artificie [21].....	17
Figure 2. 3:Les architectures SMA [21].....	18
Figure 2. 4: Processus de la découverte de connaissances [21].....	19
Figure 2. 5: Les types d'apprentissage machine [21].....	19
Figure 3. 1:Topologie de réseau de neurones [27].	24
Figure 3. 2:Topologie de réseau de neurones profond [28].....	25
Figure 3. 3: Architecture du CNN [30]	27
Figure 3. 4:VGG 16 et 19 Models [31].	28
Figure 3. 5:ResNet Model [32].....	29
Figure 3. 6:AlexNet architecture [33]	30
Figure 3. 7:TrashCan 1.0 dataset [34]	31
Figure 3. 8: Trash ICRA19 [35]	32
Figure 3. 9: TACO dataset [36].....	32
Figure 3. 10:Trashnet dataset [37].....	33
Figure 3. 11: Waste classification dataset [38].....	34
Figure 3. 12:Litter [39].....	34
Figure 4. 1: Architecture générale de system proposé	41
Figure 4. 2: Architecture détaillé de système proposé	42
Figure 4. 3:Architecture de modèle CNN proposé.....	43
Figure 4. 4: pyhton logo [47].....	46
Figure 4. 5: google colab logo [48]	46
Figure 4. 6:NumPy logo [49]	46
Figure 4. 7:Pandas logo [50]	47
Figure 4. 8:Keras logo [51]	47
Figure 4. 9:TensorFlow logo [52]	47

Figure 4. 10:Matplotlib logo [53].....	47
Figure 4. 11:Structure de dataset.....	48
Figure 4. 12: Accuracy et loss de CNN.....	52
Figure 4. 13: Matrice de confusion de CNN	52
Figure 4. 14: Exemple de prédiction CNN.....	53
Figure 4. 15: Accuracy et loss de VGG 16.....	53
Figure 4. 16:Matrice de confusion VGG 16.....	54
Figure 4. 17:Exemple de prédiction VGG 16.....	54

Liste des tableaux

Tableau 1: Comparaison de dataset.....	35
--	----

Résumé

Résumé

La gestion des déchets est devenue une préoccupation majeure dans les zones urbaines car elle peut entraîner une pollution de l'environnement de l'air, de la terre et de la mer et constituer une menace pour la santé humaine si elle est mal gérée. L'une des étapes les plus cruciales de la gestion des déchets consiste à séparer les déchets en leurs nombreux composants.

En raison du fait que cette procédure est généralement effectuée manuellement, un système intelligent de classification des déchets doit être fourni.

Dans cette thèse, nous proposons un système intelligent d'aide à la décision pour le classement des déchets basé sur le deep learning, développé à l'aide de modèles de réseau de neurones convolutif (CNN) et (VGG16), pour classer les déchets en recyclables et déchets organiques afin que le processus de séparation soit plus rapide et intelligent, aidant à résoudre certains problèmes de triage et de recyclage.

Les mots clés : Planification urbaine, Gestion des déchets, Aide à la décisions, Apprentissage en profondeur, CNN, VGG 16.

الملخص

أصبحت إدارة النفايات مصدر قلق كبير في المناطق الحضرية لأنها يمكن أن تؤدي إلى تلوث بيئي للهواء والأرض والبحر وتشكل تهديداً لصحة الإنسان إذا تمت إدارتها بشكل غير صحيح. واحدة من أهم الخطوات في إدارة النفايات هي فصل النفايات إلى العديد من مكوناتها. نظراً للحقيقة أن هذا الإجراء يتم عادةً يدوياً، يجب توفير نظام تصنيف ذكي للنفايات.

في هذه الأطروحة، نقترح نظام دعم قرار ذكي لتصنيف النفايات يعتمد على التعلم العميق، تم تطويره باستخدام نماذج الشبكة العصبية التلافيفية (CNN) و (VGG16)، لتصنيف النفايات إلى مواد قابلة لإعادة التدوير ونفايات عضوية بحيث تكون عملية الفصل أسرع وأكثر ذكاءً، مما يساعد في حل بعض مشكلات الفرز وإعادة التدوير.

الكلمات المفتاحية: التخطيط الحضري، إدارة النفايات، دعم القرار، التعلم العميق، CNN ، VGG 16.

Introduction

générale

1. Introduction générale

La société moderne a besoin de systèmes intelligents d'aide à la décision. Dans les villes, le recyclage est essentiel. Actuellement, des installations de recyclage sont nécessaires pour le tri manuel et un certain nombre de grands filtres sont utilisés pour séparer des objets plus spécifiques.

De plus, les consommateurs peuvent ne pas savoir comment se débarrasser correctement des nombreux matériaux d'emballage différents. La gestion des déchets est devenue un enjeu majeur.

La mise en décharge et l'incinération sont des pratiques traditionnelles de gestion des déchets qui ont des résultats défavorables en termes d'efficacité, de coût et de pollution.

Notre objectif est de réduire le travail manuel et de trouver un moyen intelligent de prendre une décision pour le trier des ordures. Cela rendrait les centres de tri des déchets plus efficaces et aiderait à réduire les déchets, car les employés ne trient pas toujours tout avec une précision correcte.

Notre suggestion consiste à recevoir des photos d'une chose et à la classer dans le type de matériau de recyclage.

Le travail réalisé dans cette mémoire consiste à :

- ❖ Faire un état de l'art sur les systèmes intelligents d'aide à la décision pour la gestion des déchets (classification)
- ❖ Proposer un système d'aide à la décision automatique basé sur l'intelligence artificielle pour la classification des déchets.
- ❖ Évaluer les performances du système proposé.

2. La structure du mémoire

- ❖ Le premier chapitre : Présente notre contexte de travail qui est la planification urbaine et la gestion des déchets.
- ❖ Le second chapitre : présente le domaine d'aide à la décision
- ❖ Le troisième chapitre : Un Etat de l'art sur l'apprentissage automatique ainsi que les travaux d'apprentissage automatique à la gestion des déchets
- ❖ Le dernier chapitre : présente notre Contribution & Implémentation

Chapitre 1

***Planification urbaine & La gestion des
déchets***

1. Introduction

Les environnements urbains sont un aspect fondamental du monde et leur conception est une tâche très difficile en raison du large éventail de besoins qui doivent être satisfaits dans le développement des surfaces, y compris ceux liés à l'agriculture, à la protection de l'environnement, à la vie sociale, économique et financière activités, etc. En effet, le domaine précité de l'urbanisme assure ce développement. En définissant des objectifs, des principes directeurs d'aménagement et des projets d'aménagement, l'urbanisme est un ensemble d'instruments et de méthodes permettant la mise en œuvre de politiques sectorielles et la rationalisation de l'administration urbaine. De ce fait, l'urbanisme est un élément crucial et un moteur dans le processus de création des villes.

Afin de présenter le domaine de travail choisi, la gestion des déchets, nous proposerons dans ce chapitre un aperçu de la toile de fond de l'urbanisme en mettant l'accent sur ses différents éléments, finalités, missions et principes essentiels.

Partie 1 : La planification urbain

2. Définition

La planification urbaine est un outil utilisé pour identifier des solutions aux problèmes que les villes et les villages ont avec les éléments urbains, y compris l'utilisation des terres, le logement et le transport. En réalité, il s'agit de comprendre comment les plans d'urbanisme sont créés, qui sont les acteurs et pourquoi ces plans ont été créés.

Diverses sources ont fourni des définitions de l'urbanisme, parmi lesquelles nous citons :

«Ensemble d'études, de démarches, voire de procédures juridiques ou financières, qui permettent aux collectivités publiques de connaître l'évolution des milieux urbains, de définir des hypothèses d'aménagement concernant à la fois l'ampleur, la nature et la localisation des développements urbains et des espaces à protéger, puis d'intervenir dans la mise en oeuvre des options retenues ». Le dictionnaire d'urbanisme [1].

La planification urbaine couvre un ensemble de secteurs physiques et sociologiques, nous citons la démographie, l'emploi, l'habitat, l'utilisation des sols, les services publics, le budget, l'environnement, le transport... etc. La figure suivante illustre l'interaction entre ces différents secteurs [2]

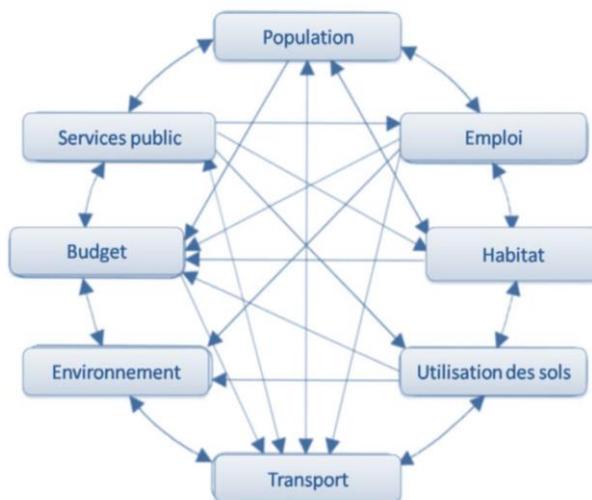


Figure 1. 1:Quelques composantes du système urbain [2]

3. Les activités de la planification urbaine

Les activités de la planification urbaine sont résumées dans les points suivants [2] :

1. **La planification est tournée vers l'avenir** : les décisions prises tout au long du processus de planification sont prises pour influencer une situation dans l'environnement qui se produira à l'avenir.
2. **La planification est politique** : Il est essentiel de comprendre que la plupart des initiatives de planification impliquent d'utiliser ou de réglementer les terres d'une manière ou d'une autre.
3. **La planification implique l'identification et l'évaluation des solutions potentielles aux problèmes** : Cela a une base solide dans les théories de la planification rationnelle qui guident la pratique de la planification moderne.
4. **L'urbanisme a une obligation spécifique de refléter les exigences des minorités** : Dans le cadre de leur code d'éthique professionnelle, les urbanistes doivent accorder une attention particulière aux préoccupations de ces groupes.

4. Les objectifs de la planification urbaine

1. **Stratégie de protection de l'environnement** : Des villes bien planifiées garantissent le respect et la protection de l'environnement [3] . En outre, les gouvernements locaux cherchent à créer des plans qui mettent en évidence la question de l'environnement et traitent les problèmes de pollution de l'air, de l'eau et du sol.

2. **Planification pour une meilleure utilisation des terres :** Selon [4], les gouvernements locaux sont chargés de créer et de mettre en œuvre les plans des villes et des agglomérations. En adoptant un plan directeur officiel, le type de plan d'urbanisme le plus populaire, détaillant l'avenir à long terme de la communauté et mettant en valeur ses divers éléments, tels que le logement et le transport
3. **Un périphérique cherchant des résultats immédiats,** les zones urbaines utilisent d'autres stratégies spécialisées comme les plans stratégiques de revitalisation. L'expansion des agglomérations conduit également à des plans qui permettent de synchroniser la croissance urbaine et celle des territoires environnants [3]
4. **Plan d'amélioration de l'image de la ville :** Les lieux accueillent aujourd'hui une population plus importante qu'auparavant, et certaines villes souffrent particulièrement de la dégradation des infrastructures et d'un manque de services, entraînant une migration des habitants vers des villes plus conviviales et plus peuplées.
5. En fait, en raison de l'évolution de la population, des infrastructures, de l'utilisation des sols, du développement économique et des facteurs environnementaux, les villes changent avec le temps et adoptent de nouvelles apparences. Tout cela est causé par un certain nombre d'éléments, notamment le style de gestion de la ville, la disponibilité des ressources et parfois des catastrophes naturelles. Les difficultés auxquelles la communauté est confrontée en conséquence s'aggravent.
6. **Planification du développement économique :** La capacité de connaître le potentiel dans de nombreux secteurs est rendue possible par la recherche socio-économique de la région, qui aide à une planification urbaine efficace. Mais une excellente croissance sociale, culturelle et économique est garantie par la mise en œuvre de plans d'infrastructures et d'investissements avec une couverture géographique suffisante de l'ensemble du territoire [3].

Essentiellement, cette planification tend à stimuler la dynamique de croissance économique et à améliorer le bien-être de la société.

5. Les fondamentaux de la planification urbaine

Trois concepts directeurs sont utilisés en urbanisme [4] :

1. **Coordination :** Il s'agit de coordonner les nombreuses demandes d'occupation du sol formulées en tenant compte à la fois des objectifs propres à l'organisation et des besoins des politiques sectorielles.
2. **Coopération :** un effort de groupe dans lequel les participants travaillent ensemble pour atteindre un objectif commun. Les processus qui choisissent un style de fonctionnement

coopératif anticipent une minimisation des risques et une diminution de l'incertitude en retour.

- 3. La participation :** est un élément crucial dans la validation d'une proposition d'urbanisme. Il permet l'incorporation de divers acteurs (personnes ou groupes) pour aider le décideur à améliorer les processus de prise de décision.



Figure 1. 2:Principes de la planification urbaine [4]

6. L'évaluation de la planification urbaine

6.1.Projet urbain

Projet urbain, projet de ville ou projet d'agglomération [5] fait appel aux acteurs qui doivent non seulement contribuer à la réflexion et à la consultation mais aussi au processus d'élaboration du projet

Le projet urbain « *organise un territoire afin d'en améliorer l'usage, la qualité, le fonctionnement, la dynamique économique et culturelle et les relations sociales. Il doit assurer à tous l'accessibilité à l'espace public, à l'habitat, aux équipements, aux transports ; se préoccuper de la qualité des espaces publics, de l'architecture, des paysages, de l'environnement naturel, de la mise en valeur du patrimoine ; servir les enjeux du développement durable, avec une utilisation économe de l'espace tout en garantissant le fonctionnement des infrastructures, ainsi que des réseaux de transports et de distribution.* » [6]

6.2. Types de projets urbains

- 1. Le projet urbain politique :** regroupe les projets dits « de territoire », « de ville », « de développement » ; il couvre tout le territoire communal ou intercommunal [7].
- 2. Le projet urbain opérationnel :** est considéré comme des opérations urbaines d'une certaine ampleur, durant au moins une dizaine d'années, généralement multifonctionnelles, associant des acteurs privés [5].

3. **Le projet urbain architectural** : est réservé à l'approche du « design urbain », en lien avec sa réhabilitation faite par les architectes-urbanistes. Il est centré sur un bâtiment, ou un ensemble de bâtiments [5].

7. Les stratégies de planification urbaine

1. **Inciter toute la société à l'aménagement de l'environnement** : mettre en place un mécanisme de motivation incitant le public à participer à la protection environnementale ; mettre pleinement en jeu le rôle actif des organisations non-gouvernementales ; participer à la coopération internationale et chercher les meilleures approches à l'aménagement de l'environnement à l'échelle du monde.
2. **Optimaliser l'utilisation circulaire des ressources** : faire payer pour la protection de l'environnement ; attribuer des subventions environnementales ; les échanges du marché.
3. **Appliquer un aménagement selon les lois** : renforcer la direction verticale ; prémunir les travaux d'aménagement contre les interférences locales ; normaliser les actes d'application de la loi ; mettre en application la poursuite de responsabilité ; renforcer la supervision administrative ; mettre en oeuvre la vérification verte.
4. **Eviter un cycle vicieux de la pauvreté et des problèmes environnementaux** : réduire la pauvreté par la répartition des recettes, la sécurité sociale et la régulation fiscale ; mettre en place un mécanisme de développement environnemental équitable, avantageux réciproquement et à responsabilité partagée par une coordination entre la ville et la campagne et une coordination régionale.

Tous les points ci-dessus sont indirectement contenus dans le processus de gestion des déchets. Ce processus est introduit dans la partie suivante.

Partie 2 : Gestion des déchets

La gestion des déchets urbains, une activité qui dépend de l'organisation du territoire et qui impacte son aménagement. La gestion des déchets urbains, que ce soit au niveau de la planification, de la collecte et du traitement impacte et dépend des décisions liées à l'urbanisme et l'aménagement du territoire.

8. Définition des déchets

« Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien, meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon »¹.

9. Source de déchets

Les facteurs suivants rendent la création de déchets inévitable :

1. **Economique** : biens à durée de vie finie ;
2. **Biologique** : chaque cycle de vie produit des métabolites ;
3. **Chimie** : Le principe de conservation de la matière stipule que si un produit est obtenu à partir de deux autres, un quatrième se formera. Ceci s'applique à toutes les réactions chimiques.
4. **Technologiquement** : parlant, les déchets sont produits par tous les procédés industriels ; écologiquement parlant, des déchets sont produits suite aux efforts de dépollution (air, eau);

10. Les caractéristiques des déchets

Les déchets sont caractérisés premièrement par la densité qui définit la sélection d'une collecte et d'un stockage moyens, la compréhension de la densité est cruciale.

Comme un deuxième point on trouve le taux d'humidité, c'est une quantité importante d'eau, qui varie selon les saisons et l'environnement, peut se retrouver dans les ordures.

Aussi, la quantité de calories qui est dégagée par la combustion d'une unité de poids de déchets bruts est appelée pouvoir calorifique. Finalement le rapport de concentration carbone, ce rapport est choisi comme norme de qualité pour les déchets compostés.

¹ Selon le Code de l'Environnement (art. L541-1)

11. Classification des déchets

Les déchets se présentent sous une multitude de formes. Ils peuvent être classés en utilisant une variété de facteurs, y compris le producteur de déchets, les caractéristiques des déchets et l'industrie dans laquelle les déchets sont générés. A l'aide de cette classification, il est possible de séparer les règles qui s'appliquent aux différents acteurs de la gestion des déchets et de modifier ces réglementations en fonction des capacités du producteur et des dangers liés à la manipulation des déchets.

11.1. Déchets organiques

Ils sont principalement produits dans les maisons, les restaurants et les entreprises qui traitent des produits alimentaires. Puisqu'ils sont principalement destinés aux décharges municipales, ils doivent être séparés des autres types de déchets. [8]



Figure 1. 3: Déchets organiques

11.2. Déchets recyclables

Tous les déchets qui peuvent être transformés en d'autres éléments ou utilisés pour fabriquer des matières premières sont inclus dans cette catégorie. Il est produit dans les maisons, les bureaux et les industries, et il doit être séparé pour que des groupes de personnes spécialisées dans la collecte sélective puissent travailler ensemble et gérer la transformation finale dans des coopératives et des entreprises de recyclage [9].



Figure 1. 4: Déchets recyclables

11.3. Déchets industriels

Il s'agit principalement de déchets solides liés à la production issue de divers procédés industriels. Typiquement, il est composé de matières premières mises au rebut pour être recyclées ou réutilisées dans des procédés industriels [10].



Figure 1. 5: Déchets industriels

11.4. Déchets hospitaliers

Les déchets des hôpitaux et des établissements médicaux sont la source de contamination et le potentiel de transmission de maladies à toute personne qui entre en contact avec eux. Il doit être manipulé avec la plus grande prudence et conformément aux normes en vigueur. Ce type de déchets est destiné aux entreprises spécialisées dans leur traitement, où ils sont généralement brûlés [11].



Figure 1. 6: Déchets hospitaliers

11.5. Déchets électroniques

Ce gaspillage résulte de l'élimination d'appareils grand public qui ne sont plus fonctionnels ou qui sont obsolètes. Il existe des endroits appropriés pour l'élimination, y compris les entreprises et les coopératives engagées dans l'industrie du recyclage. Ils envoient ces déchets d'une manière qui respecte l'environnement [12].



Figure 1. 7: Déchets électroniques

11.6. Déchets nucléaires

C'est celui que les centrales nucléaires utilisent le plus. Du fait qu'il contient un élément radioactif, c'est un déchet très dangereux qui doit être manipulé avec précaution [13].



Figure 1. 8: Déchets nucléaires

12. La gestion des déchets

Comprend toutes les activités liées à la collecte, au tri, au transport, à l'entreposage, à la récupération et à l'élimination des ordures, ainsi que la gestion de ces activités. De cette définition, un certain nombre de procédures du système actuel de gestion des déchets en Algérie se dégagent.

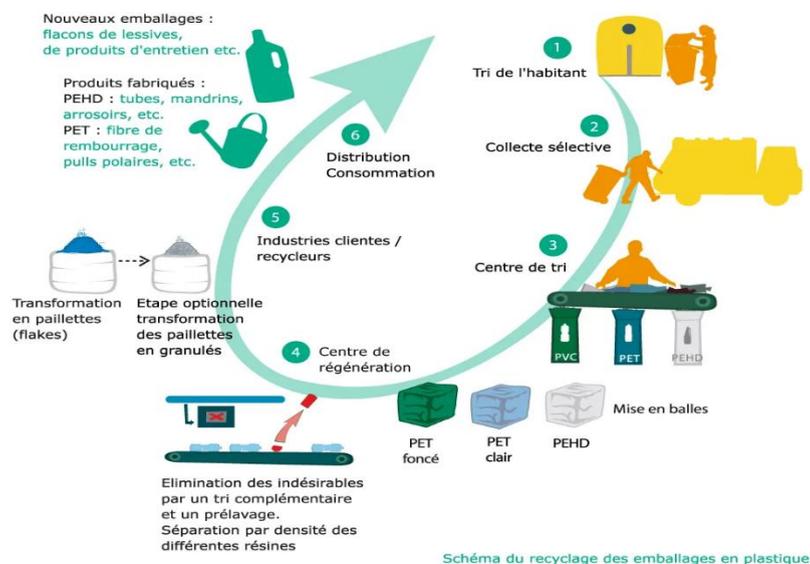


Figure 1. 9: Cycle de vie de déchets [14]

12.1. La gestion de collecte des déchets

La collecte des déchets est la procédure de Rassemblement et/ou regroupement de déchets en vue de leur transport vers une installation de traitement à partir l'un des

Les nombreuses stratégies de récupération :

- ✚ Tri à la source : Avant la collecte séparée, les déchets doivent être triés, soit à la source, soit dans une installation de tri.
- ✚ Collecte volontaire : Il s'agit d'offrir à la population des espaces d'accueil soigneusement sélectionnés (en centre-ville ou en périphérie) pour permettre un excellent service à la population,
- ✚ La collecte séparée : consiste à regrouper les matières recyclables dans un ou plusieurs conteneurs, notamment les emballages. Le porte-à-porte ou les contributions volontaires peuvent être utilisés pour effectuer des collectes séparées.

12.2. Le traitement des déchets

Le terme « traitement des déchets » fait référence à toute mesure pratique prise pour s'assurer que les déchets sont récupérés, stockés et éliminés d'une manière qui assure la protection de la santé publique et/ou de l'environnement contre tout impact négatif que ces déchets peuvent avoir. déchets"².

² 12 décembre 2001, loi 01-19.

12.3. Récupération de matériaux

- ✚ La réutilisation est le fait d'employer un article ou un produit usagé à une nouvelle fin qui n'est pas liée à l'usage initial auquel il était destiné.
- ✚ Une illustration serait un envoi de bouteilles nettoyées et remplies.
- ✚ Réutiliser les déchets, c'est les réutiliser, mais autrement qu'auparavant.
- ✚ Une illustration serait l'utilisation de vieux pneus pour protéger les coques des bateaux.
- ✚ Le recyclage est le processus de réintroduction de matériaux dérivés de déchets dans le cycle de fabrication, entièrement ou partiellement à la place de matériaux frais.
- ✚ Utilisez des bouteilles cassées qui ont été refondues pour créer de nouvelles bouteilles à titre d'exemple.

12.4. Recyclage des déchets

- ✚ La collecte des déchets est la première étape du processus de recyclage des déchets. Les déchets de recyclage ne sont pas destinés à être jetés ou brûlés ; il est plutôt destiné à être traité. La collecte est organisée de manière appropriée. La méthode la plus populaire de recyclage des déchets est la collecte sélective [3] .
- ✚ Traitement : Après le tri, les usines de traitement s'occupent des ordures. Ils s'intègrent dans la chaîne de transformation qui leur est propre en tant que déchet et en sortent comme matière utilisable.
- ✚ Commercialisation et consommation : les matériaux recyclés sont utilisés pour créer de nouveaux produits qui sont ensuite vendus et consommés par les clients. à nouveau mis au rebut, récupéré et recyclé lorsqu'il atteint la fin de sa durée de vie utile [3] .

12.5. La valorisation organique

- ✚ **Le compostage** : C'est un procédé biologique aérobie de dégradation et de valorisation de matière organique en un produit stabilisé et hygiénisé disposant des caractéristiques d'un terreau enrichi en composés humiques.
- ✚ **Bio-méthanisation** : L'opération de méthanisation consiste à transformer des matières organiques en conditions anaérobies (sans oxygène), produisant à la fois un gaz combustible, appelé biogaz (mélange de gaz carbonique et méthane), et un amendement organique.

13. Conclusion

La planification urbaine est une discipline très riche et étendue. Il couvre un large éventail de préoccupations, y compris la gestion des déchets.

La technologie la plus récente doit être utilisée en conjonction avec les concepts d'économie économique, de responsabilité et de bonne gestion des déchets de manière intelligente afin de réduire ces barrières et de faire avancer une vision holistique du développement durable.

Par conséquent, l'intégration de l'aide à la décision sera nécessaire pour répondre aux défis dans ce domaine lors du développement d'une application en urbanisme pour répondre à la question de l'évaluation des projets urbains.

Chapitre 2

L'aide à la décision

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés aux méthodes d'aide à la. D'abord, nous présentons la notion de la décision, ensuite, nous détaillons les définitions, les approches et le processus d'aide à la décision en termes de notions, d'étapes du déroulement du processus d'aide à la décision et de classement des approches existantes dans la littérature.

2. Notion de la décision

La décision est généralement décrit comme un processus mental qui consiste à évaluer plusieurs possibilités ou alternatives afin de choisir celle qui sert le mieux les objectifs du décideur. Par conséquent, il existe deux composantes décisionnelles principales dans la prise de décision : les alternatives qui sont envisagées par le décideur et les objectifs qui doivent être atteints en sélectionnant une option. en sélectionnant une alternative. Ce processus peut conduire à une décision d'action ou d'opinion.

Selon la même théorie, [15] considère qu'une décision peut être définie comme un engagement dans une action, c'est-à-dire une intention explicite d'agir, qu'elle émane d'un individu ou du résultat d'un groupe de travail.

Selon la même logique, [16] considèrent qu'une décision est une action entreprise pour relever un défi ou réagir à un changement de l'environnement, c'est-à-dire pour répondre à un problème personnel ou à un problème d'entreprise.

3. Aide à la décision

Selon [17], l'aide à la décision est l'action d'une personne qui aide à obtenir des réponses à des questions posées par un travailleur selon des modèles bien énoncés mais pas toujours parfaitement définis. Des aspects qui contribuent à éclairer une décision et suggèrent, ou simplement favorisent, un comportement susceptible de renforcer la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, et les buts et le système de valeurs dans le service dans lequel cet intervenant est placé d'autre part.

L'appui aux décisions est un processus. Cela indique qu'il faut souvent du temps et des efforts avant qu'une décision ne soit prise, ce qui implique un certain nombre de tâches.

4. Evolution des systèmes d'aide à la décision (SIAD)

Les processus décisionnels individuels et de groupe sont soutenus par une variété d'outils technologiques, tels que les systèmes d'aide à la décision (DSS), qui sont apparus pour la première fois au début des années 1970. Évolution des technologies de l'information [18] [19]. En utilisant les expressions structurées, non structurées et semi-structurées, Simon, Gory et Scott Morton [20] ont mis en évidence l'idée de SAD dans leur description des décisions et dans leur référence aux actions de gestion d'Anthony. De plus, ils ont utilisé l'explication de Simon sur le processus de sélection (Intelligence, Design, Choice).

5. Les approches d'aide a la décision

5.1. Les systems à base de connaissances

L'un des systèmes intelligents d'aide à la décision les plus connus est le système basé sur la connaissance (KBS). Insolubles par les méthodes conventionnelles, les problèmes complexes peuvent désormais être résolus grâce à l'utilisation d'approches d'intelligence artificielle. Le système dit à base de connaissances, qui a donné naissance à l'approche système expert, a été créé en combinant des technologies informatiques telles que l'ingénierie des connaissances, le traitement du langage naturel, les systèmes d'aide à la décision, l'intelligence artificielle, les systèmes de gestion de bases de données, le génie logiciel, la représentation des connaissances, le raisonnement par cas (RBC), les réseaux de neurones et le web sémantique [21].

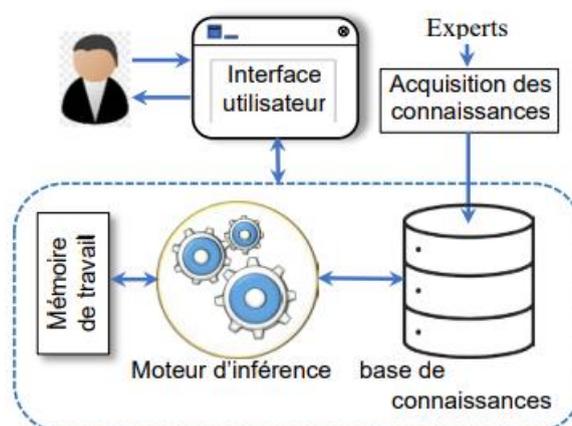


Figure 2. 1: Architecture d'un système à base de connaissances [21]

5.2. Les systèmes à base de réseaux de neurones

Les réseaux de neurones artificiels (ANN), qui sont calqués sur le système nerveux humain, visent à créer une machine capable d'imiter les fonctions du cerveau humain et d'apprendre en faisant des erreurs [22]. Les RNA se caractérisent par leur capacité à apprendre à partir de données ambiguës, biaisées ou incomplètes.

Les éléments constitutifs fondamentaux d'un RNA sont les neurones qui, grâce à leurs corps et leurs branches, ressemblent étroitement aux neurones biologiques. En réalité, le réseau neuronal agit comme une série d'arbres neuronaux liés.

Cette procédure consiste principalement en une boucle de prédiction ; pour diminuer les erreurs totales causées par le réseau basé sur la fonction de transfert, le poids est ajusté.

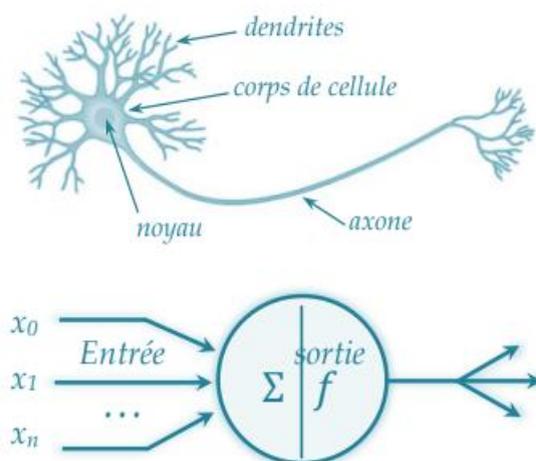


Figure 2. 2: Perceptron biologique VS perceptron artificie [21]

5.3. Les systèmes assistés par les agents intelligents.

Domaine de recherche particulièrement actif en IA, les systèmes multi-agents (SMA) et les agents intelligents [23] [24] se développent en parallèle avec les systèmes intelligents d'aide à la décision.

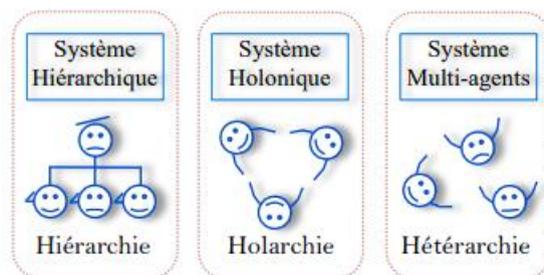


Figure 2. 3: Les architectures SMA [21]

5.4. Les systèmes basés sur la logique floue

Une technique connue sous le nom de système flou (SF) a démontré sa capacité à créer une large gamme de systèmes de prise de décision, en particulier lorsque l'on travaille avec différents types de connaissances. En réalité, peu de systèmes informatiques peuvent accueillir des données linguistiques dont la description nécessite une expérience humaine spécifique. Pour traiter à la fois des variables de type linguistique et des variables quantitatives, ainsi que pour modéliser des systèmes complexes à partir de données imprécises, Lotfi Zadeh a introduit l'idée de logique floue en 1965 [25] ; incomplète et vague, ou lorsque le système utilise des règles d'inférence qui agissent de façon très générale avec les catégories floues [26].

5.5. La fouille des données et la fouille des traitements

Tous les domaines où les données numériques contiennent une quantité considérable de connaissances et d'informations cachées ont connu une croissance exponentielle.

Les processus suivants sont utilisés dans la découverte de connaissances dans une base de données (KDD) [27] , qui tente de détecter des modèles et des relations significatifs à partir d'ensembles de données. C'est pourquoi de nombreuses théories et outils informatiques sont utilisés pour étudier et utiliser ces informations (sélection de données, traitement de données, transformation de données, fouille de données, interprétation et évaluation de données).

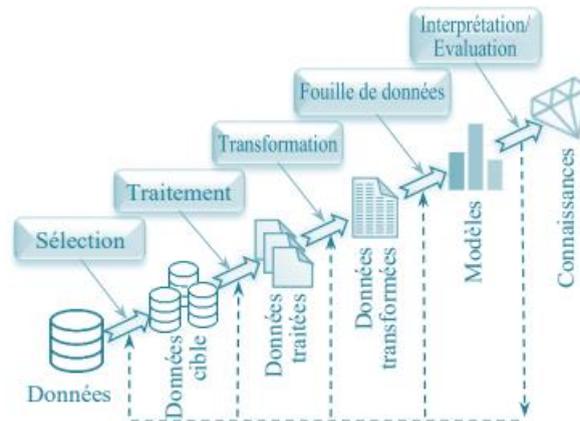


Figure 2. 4: Processus de la découverte de connaissances [21]

5.6.L'apprentissage machine et l'apprentissage profond

Un domaine relativement actif de la recherche en intelligence artificielle est l'apprentissage automatique. un terme créé par Arthur Samuel en 1959 [28] pour classer les méthodes basées sur les connaissances acquises par l'analyse de données ou l'application de règles établies pour catégoriser des éléments, prévoir des résultats, repérer des tendances ou reconnaître un comportement inattendu. En imitant le comportement humain, l'apprentissage automatique permet aux ordinateurs d'apprendre automatiquement et éventuellement de s'améliorer pour prendre de meilleures décisions.

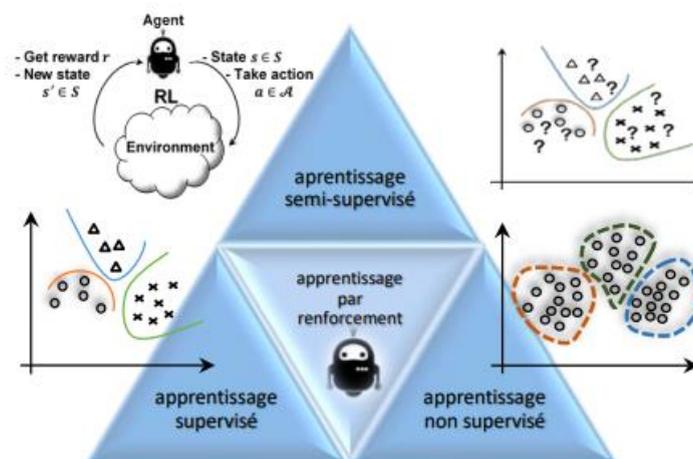


Figure 2. 5: Les types d'apprentissage machine [21]

6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons mettons l'acon sur les concepts clé de domaine d'aide a la décision et leur approches ; l'approche basé sur l'apprentissage profond a obtenu a grand succès dans les application d'aide à la décision intelligent , dans ce fait le chapitre suivant sera un état de l'art sur les système d'aide à la décision basé sur les algorithme d'apprentissage profond pour la planification urbain (cas d'étude : gestion déchets).

Chapitre 3

Etat de l'art

Les approches d'apprentissage

automatique pour l'aide à la décision

des projets urbain

Cas d'études : La gestion des déchets

1. Introduction

L'intelligence artificielle est une discipline scientifique qui vise à résoudre des problèmes d'une grande complexité logique. L'apprentissage automatique est l'un des domaines de l'intelligence artificielle qui permet à la machine d'apprendre et d'améliorer progressivement ses performances. Par conséquent, l'apprentissage en profondeur est un groupe de méthodes d'apprentissage automatique qui essayent de concevoir avec un haut niveau d'abstraction des données. Aujourd'hui, la technologie de l'apprentissage profond (Deep Learning) représente l'essentiel des recherches menées par les professionnels, d'autant plus qu'elle intervient dans plusieurs domaines comme la classification des images médicales. Dans ce chapitre, nous présenterons tout d'abord les concepts liés à l'apprentissage profond poursuivi d'un état de l'art sur les travaux connexes.

2. Intelligence artificielle

L'intelligence artificielle (IA) vise à simuler la façon dont le cerveau humain prend des décisions. L'intelligence artificielle implique la mise en œuvre d'un certain nombre de technologies pour permettre aux machines de simuler une forme d'intelligence réelle. L'IA comprend divers sous-domaines, dont les plus connus sont l'apprentissage automatique et l'apprentissage profond.

3. Machine Learning

Selon [22] L'apprentissage automatique (machine Learning) est le champ de l'IA qui permet à la machine d'améliorer progressivement ses performances sur une tâche spécifique à partir des données sans être explicitement programmé.

L'apprentissage automatique passe par les réseaux de neurones conçus pour imiter les capacités de prise de décision de l'homme, et est généralement divisé en :

3.1. Apprentissage supervisé

C'est la forme la plus commune d'apprentissage automatique, est une méthode permettant de

transformer un jeu de données en un autre, le programme est formé sur un ensemble prédéfini d'exemples de formation, ce qui facilite ensuite sa capacité à parvenir à une conclusion précise lorsque de nouvelles données sont fournies [23] [24], tel que les algorithmes d'Arbres de décision, Régression logistique, et le plus connu c'est Machines à vecteurs de support (SVM).

3.2.Apprentissage non supervisé

Ce type partage une propriété commune avec l'apprentissage supervisé : il transforme un jeu de données en un autre. Mais l'ensemble de données dans lequel il se transforme n'est pas connu ou compris auparavant. Contrairement à l'apprentissage supervisé sera quant à lui alimenté uniquement par des exemples, et créera lui-même les classes qui lui semblent les plus judicieuses (clustering) ou des règles d'associations (algorithmes Apriori). L'algorithme K-moyen (K-means) permet de comprendre facilement le concept de classification non supervisée [25].

4. Deep Learning

4.1.Définition

“ Le Deep Learning permet à des modèles composés de plusieurs couches de traitement d'apprendre des représentations des données avec de multiples niveaux d'abstraction ”. [26]

D'après les travaux de Deng L et al [26], le « Deep Learning » est une classe de techniques d'apprentissage automatique appartient au domaine de « Machine Learning » dans lesquelles de multiples couches de traitement de calcul itératif dans des architectures hiérarchisées supervisées sont exploitées pour les algorithmes d'apprentissage non supervisé pour des tâches d'analyse et de classification. L'apprentissage profond consiste essentiellement à calculer des caractéristiques hiérarchiques des paramètres des réseaux de neurones artificiels pour les représentations vectorielles des données d'observation ou d'entrées. La famille des méthodes d'apprentissage en profondeur s'enrichit de plus en plus, englobant celles des réseaux de neurones, des modèles probabilistes hiérarchiques, ainsi que de nombreux algorithmes d'apprentissage des fonctionnalités supervisés et non supervisés.

4.2. Deep Learning VS Machine Learning

Deux caractéristiques principales distinguent Deep Learning de Machine Learning :

4.2.1. Extraction des caractéristiques

Dans la Machine Learning, Les fonctionnalités de l'application sont requises par un expert, puis codées manuellement, contrairement au Deep Learning dont les algorithmes tentent de connaître automatiquement les fonctionnalités de haut niveau des données.

4.2.2. La performance

Les performances sont associées à un volume de données accru. La précision des performances des algorithmes de Deep Learning s'améliore avec l'augmentation du volume de données l'inverse se produit avec les algorithmes de Machine Learning traditionnels où les résultats prévalent à mesure que la quantité de données augmente.

4.3. Le fonctionnement

Les méthodes d'apprentissage en profondeur dépendent principalement des réseaux de neurones, où le réseau de neurones se compose de trois couches importantes, comme le montre la figure : La couche d'entrée ; La couche cachée ; La couche résultante.

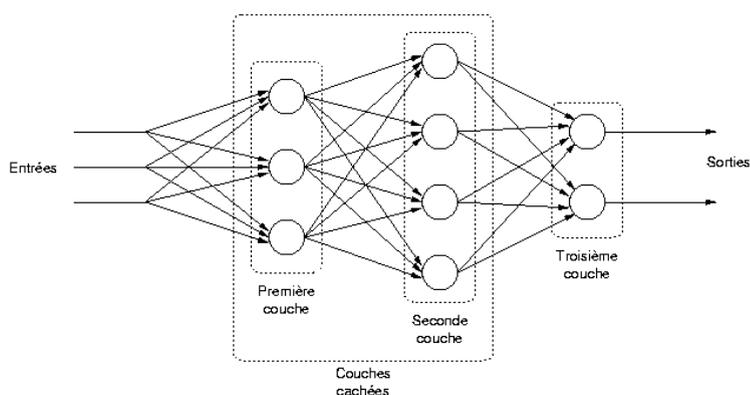


Figure 3. 1:Topologie de réseau de neurones [27].

En deep learning, la profondeur du réseau est calculée en fonction du nombre de couches cachées dans le réseau neuronal, qui varie de 2 à 150 couches [27].

Le composant principal d'un réseau neuronal est constitué de ganglions (neurones) qui sont connectés les uns aux autres via des liens dirigés (flèche). Chaque flèche représente un lien entre une sortie de neurone et une autre entrée, et chaque flèche porte un poids (W). Chaque nœud est une unité de traitement qui reçoit des données sous forme de valeurs d'entrée et est passé à travers ce « réseau » de couches cachées jusqu'à ce qu'il converge dans la couche de sortie. La couche de sortie correspond à nos attentes : il peut s'agir d'un nœud (nous disons classification binaire) ou de quelques nœuds s'il s'agit d'un problème de classification multi-classes.

La forme à l'intérieur des neurones dans les couches de base représente une fonction d'activation qui peut être un Cube ,Elu , Hardsigmoid , Hardtanh , Identity , Leakyrelu ,Rationaltanh ,Relu ,RRelu ,Sigmoid , Softmax , Softplus ,Softsign , Tanh [28] .

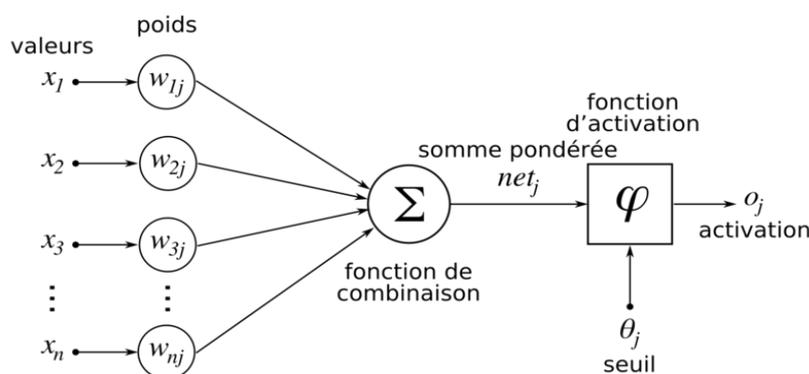


Figure 3. 2:Topologie de réseau de neurones profond [28].

4.4. Quelques algorithmes de Deep Learning

Dans les années 1980, la plupart des réseaux de neurones formaient une seule couche en raison du coût de calcul et de la disponibilité des données. De nos jours, nous pouvons prendre plus de couches cachées dans nos réseaux de neurones, d'où le surnom d'apprentissage en profondeur [29]. Les différents types de réseaux de neurones disponibles pour utilisation ont également proliféré, y compris des réseaux pré-formés et des réseaux formés à partir de zéro.

4.4.1. Modèles à partir de zéro (From Scratch)

Un modèle peut être construit dès le début pour résoudre un problème, car cela dépend d'abord du choix du type de modèle approprié pour résoudre le problème, puis du démarrage de la conception du modèle et du choix du nombre approprié de couches et d'hyperparamètres. Pour cela il existe trois grandes familles de réseaux de neurones qui sont DNN, RNN et CNN.

DNN

Les réseaux de neurones profonds (Deep neural networks :DNN) sont des réseaux d'alimentation directe (forward feed networks : FFNN) où les données circulent de la couche d'entrée à la couche de sortie sans revenir en arrière, et les connexions entre les couches sont à sens unique et ne touchent jamais aucun nœud de manière répétée.

RNN

Un réseau de neurones répétitifs (repetitive neural network :RNN) est une classe de réseaux de neurones artificiels caractérisés par la formation de connexions entre les nœuds sous la forme d'un graphe orienté le long d'une séquence en tant que liens de caractéristiques d'une couche aux couches précédentes, de cette manière les informations peuvent revenir à les parties précédentes du réseau et donc chaque modèle dans les classes dépendent des événements passés, permettant aux informations de continuer.

CNN

Selon les travaux de Yin W et al [30], les réseaux de neurones convolutifs (Convolutional neural networks : CNN) sont des types spécifiques de réseaux de neurones artificiels qui utilisent des perceptrons et un algorithme d'unité d'apprentissage automatique pour l'apprentissage supervisé, permettant d'analyser des données. Les CNN s'appliquent beaucoup plus au traitement d'images, également au traitement du langage naturel (Natural language processing : NLP) et à d'autres types de tâches cognitives. Comme d'autres types de réseaux de neurones artificiels, un réseau de neurones convolutionnel a une couche d'entrée, une couche de sortie et une ou plusieurs couches cachées . Certaines de ces couches sont

convolutives et utilisent un modèle mathématique et algébrique pour transmettre les résultats aux couches successives.

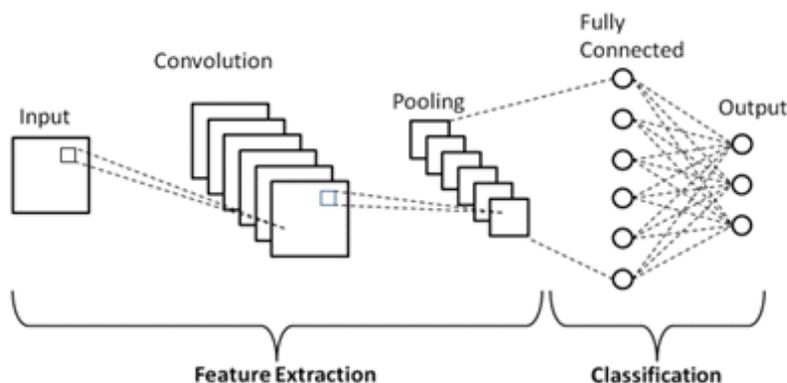


Figure 3. 3: Architecture du CNN [30]

Des exemples typiques de la technique d'apprentissage en profondeur sont les réseaux "CNN", où un modèle plus sophistiqué accélère l'évolution de l'intelligence artificielle en fournissant des systèmes qui simulent différents types d'activités biologiques dans le cerveau humain.

Généralement, les réseaux « CNN » sont constitués de quatre couches principales :

- ❖ **La couche convolutive « CONV »** : qui traite les données d'entrée ou les résultats des couches intermédiaires ou cachées.
- ❖ **La couche de pooling « POOL »** : qui permet de compresser les informations en réduisant la taille de l'image intermédiaire.
- ❖ **La couche d'activation** : ce sont des fonctions de redressement linéaire souvent appelées "ReLU" qui permettent la mise à jour des paramètres de la couche courante ainsi que des couches précédentes.
- ❖ **La couche entièrement connectée « FL »** : qui est une couche de type perceptron.

4.4.2. Modèles pré-entraînés (Pretrained models)

Un modèle pré-formé est un modèle pré-construit pour résoudre des problèmes similaires. Au lieu de créer un modèle à partir de zéro pour résoudre un problème similaire, vous pouvez utiliser le modèle formé sur un autre problème comme point de départ. Cette méthode surmonte les conséquences du temps, du potentiel matériel et de l'énorme effort requis, mais elle peut ne

pas être précise à 100 %. Les modèles les plus pré-entraînés utilisés sont VGG , ResNet et AlexNet.

✚ VGG-16

VGG-16 (également appelé OxfordNet) est une architecture de réseau neuronal convolutif de 16 couches de profondeur. Le modèle charge un ensemble de poids pré-formés sur ImageNet. Le modèle atteint une précision de test de 92 % dans le top 5 dans ImageNet, qui est un ensemble de données de plus de 14 millions d'images appartenant à 1000 classes. La taille d'entrée par défaut pour le modèle VGG-16 est de 224 x 224 pixels avec 3 canaux pour l'image RVB. Il a des couches de convolution de filtre 3x3 avec une foulée 1 et une couche maxpool de filtre 2x2 de foulée 2.[31]

✚ VGG-19

De même, le VGG-19 fonctionne de la même manière que le VGG-16, le VGG-19 diffère du VGG-16 uniquement en ce qu'il traite des couches plus profondes pour une sortie meilleure et plus précise [31] .

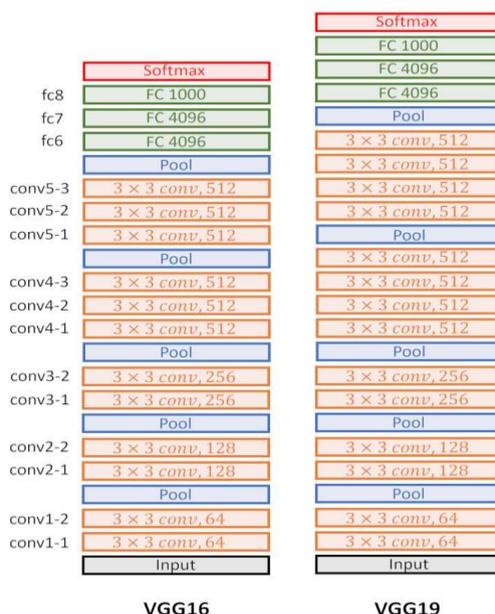


Figure 3. 4:VGG 16 et 19 Models [31].

✚ ResNet

Se compose de 50 couches (pour (ResNet-50), presque 3 fois plus profondes qu'un réseau VGG-19.

ResNet pour "Residual neural network" a été développé par la recherche Microsoft, ce réseau est capable d'apporter une facilité d'apprentissage pour les réseaux qui sont par la suite plus profonds et difficiles à entraîner. ResNet se compose de 50 couches (pour (ResNet-50), presque 3 fois plus profondes qu'un réseau VGG-19.

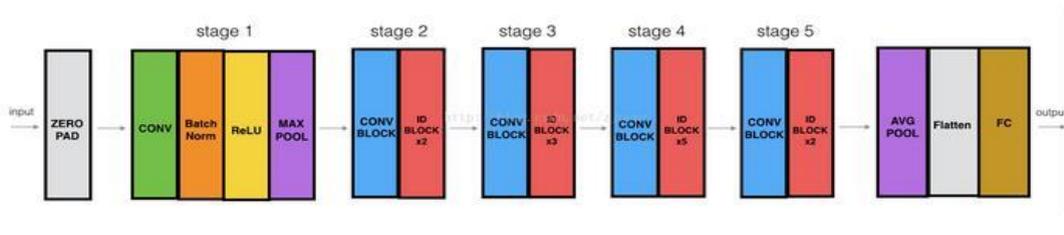


Figure 3. 5: ResNet Model [32]

✚ AlexNet

Les réseaux de neurones convolutifs (CNN) ont toujours été le modèle de référence pour la reconnaissance d'objets, ce sont des modèles puissants, faciles à contrôler et encore plus faciles à former. Le seul problème : ils sont difficiles à appliquer aux images haute résolution. À l'échelle d'ImageNet, il fallait une innovation qui serait optimisée pour les GPU et réduirait les temps de formation tout en améliorant les performances.

Alexnet est le nom d'une architecture de réseau neuronal convolutif (CNN), conçue par Alex Krizhevsky afin de résoudre le problème du réseau cnn. Son architecture se compose de huit couches : cinq couches convolutionnelles et trois couches entièrement connectées. Mais ce n'est pas ce qui rend AlexNet spécial .

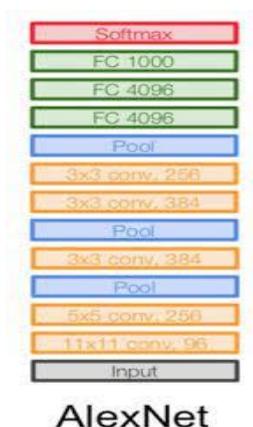


Figure 3. 6: AlexNet architecture [33]

5. Apprentissage automatique pour la gestion des déchets

Le terme gestion des déchets alimentée par l'IA fait simplement référence à l'utilisation de l'IA en relation avec la gestion des déchets. Nous pouvons associer l'IA aux puces informatiques, aux voitures de luxe et aux mégadonnées, mais en réalité, l'IA est déjà utilisée de diverses manières pour gérer l'infrastructure qui nous entoure, y compris la gestion des déchets.

Par exemple, des conteneurs "intelligents" peuvent être utilisés pour avertir les entreprises de gestion des déchets lorsque les conteneurs sont pleins, ce qui signifie que les méthodes de collecte peuvent être améliorées et que des économies de main-d'œuvre et de carburant peuvent être réalisées. Alternativement, l'IA peut être utilisée pour mettre en relation les personnes avec les services et les décharges à proximité, garantissant que davantage de déchets sont envoyés dans des centres de recyclage plutôt que dans des décharges.

Bien qu'il existe différentes façons d'utiliser l'IA dans l'industrie de la gestion des déchets, c'est le tri des déchets alimenté par l'IA qui peut véritablement révolutionner l'industrie et changer notre environnement.

6. Les Datasets

Dans cette partie, nous présentons différents ensembles de données utilisés dans les projets de classification/identification/tri des déchets à l'aide de modèles d'apprentissage automatique.

6.1. TrashCan 1.0

Un ensemble de données étiqueté par segmentation d'instances d'observations de déchets

7212 images réparties en 3 catégories principales : bio, poubelle, inconnu. Catégories :

bio = tortue, calmar, homard, inconnu, méduse, raie, crevette, écrevisse, poulpe, requin, coquillage, crabe, étoile de mer, anguille

poubelle = vêtements, tuyau, bouteille, sac, snack_wrapper, gant, pneu, pot, tasse, récipient, branche, débris, bâche, boîte, tuyau, corde, foin, filet, papier, seau, câble. [34]



Figure 3. 7:TrashCan 1.0 dataset [34]

6.2.Trash-ICRA19

Ces données proviennent de l'ensemble de données J-EDI sur les déchets marins. Les vidéos qui composent cet ensemble de données varient considérablement en termes de qualité, de profondeur, d'objets dans les scènes et de caméras utilisées. Ils contiennent des images de nombreux types de déchets marins différents, capturés dans des environnements réels, fournissant une variété d'objets dans différents états de décomposition, d'occlusion et de prolifération. De plus, la clarté de l'eau et la qualité de la lumière varient considérablement d'une vidéo à l'autre. Ces vidéos ont été traitées pour extraire 5 700 images, qui composent cet ensemble de données, toutes étiquetées avec des boîtes englobantes sur des instances de déchets, des objets biologiques tels que des plantes et des animaux. L'objectif final est de développer des méthodes de détection de déchets efficaces et précises adaptées au déploiement de robots embarqués. Nous espérons que la publication de cet ensemble de données facilitera la poursuite des recherches sur ce problème difficile, rapprochant la communauté de la

robotique marine d'une solution au problème urgent de la détection et de l'élimination autonomes des déchets [35] .

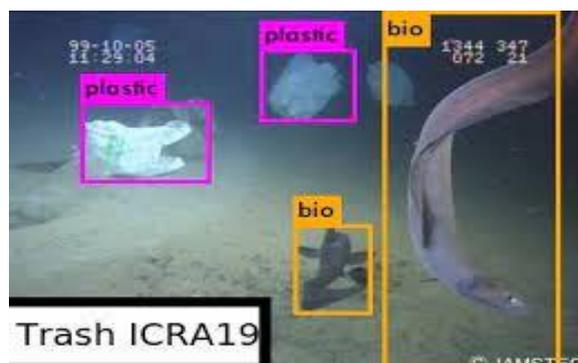


Figure 3. 8: Trash ICRA19 [35]

6.3.TACO

Ensemble de données ouvertes avec 1500 images de 28 catégories et 60 sous-catégories détaillées de déchets dans la nature.

Il contient des photos de déchets prises dans divers environnements, des plages tropicales aux rues de Londres. Ces images sont étiquetées et segmentées manuellement selon une taxonomie hiérarchique pour entraîner et évaluer les algorithmes de détection d'objets [36] .



Figure 3. 9: TACO dataset [36]

6.4.Trashnet

L'ensemble de données couvre six classes : verre, papier, carton, plastique, métal et déchets.
Actuellement, le jeu de données se compose de 2527 images [37] :

- 501 verre
- 594 papier
- 403 carton
- 482 plastique
- 410 métal
- 137 poubelle

Et également connu sous le nom de données de classification des ordures(Garbage Classification Data)

L'ensemble de données de classification des déchets contient 2467 images de 6 catégories : carton (393), verre (491), métal (400), papier (584), plastique (472) et déchets (127).

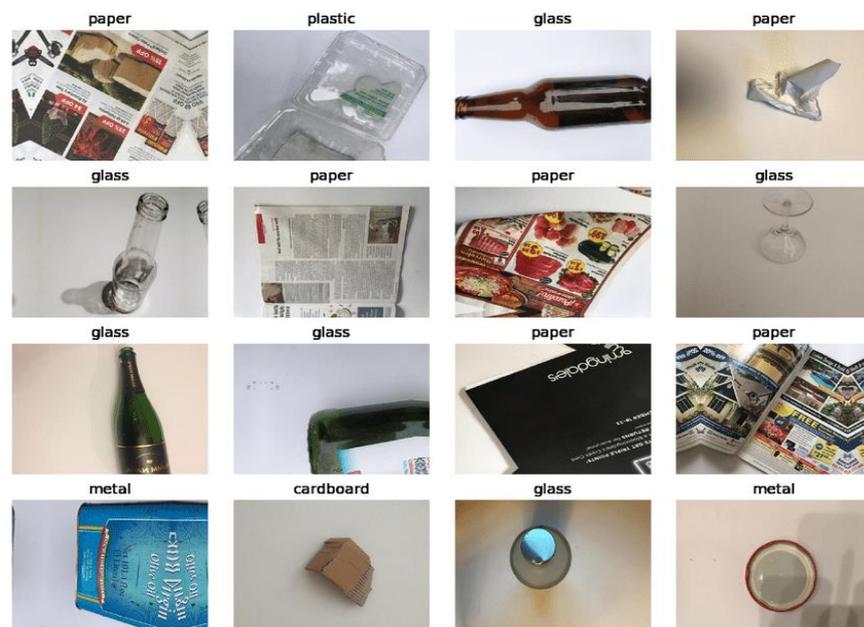


Figure 3. 10:Trashnet dataset [37]

6.5.Waste Classification data

Données de classification des déchets contient plus de 25k images déjà divisées en données

d'entraînement - 22564 images et données de test - 2513 images. Deux grandes catégories : organique et recyclable [38] .

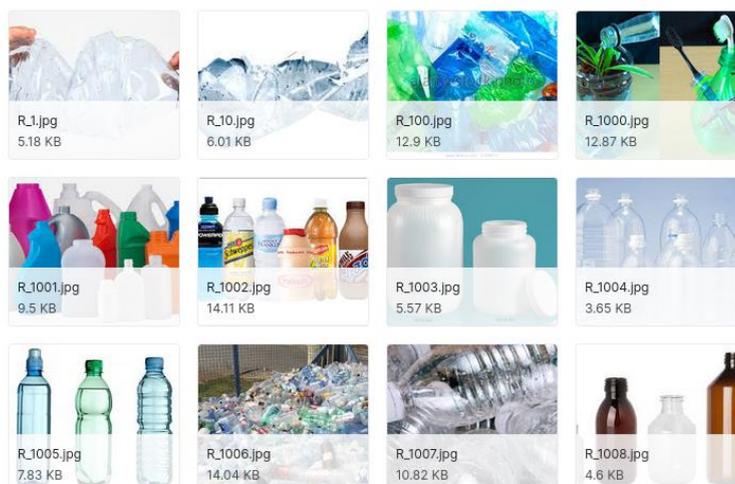


Figure 3. 11: Waste classification dataset [38]

6.6.Litter

Le jeu de données Litter contient 14 000 images avec 20 000 annotations (boîtes englobantes) et 24 classes. Chaque classe représente un objet (gobelet), tandis que les sous-classes déterminent sa taille, sa forme ou son matériau (gobelet en papier long/gobelet en papier court) [39] .

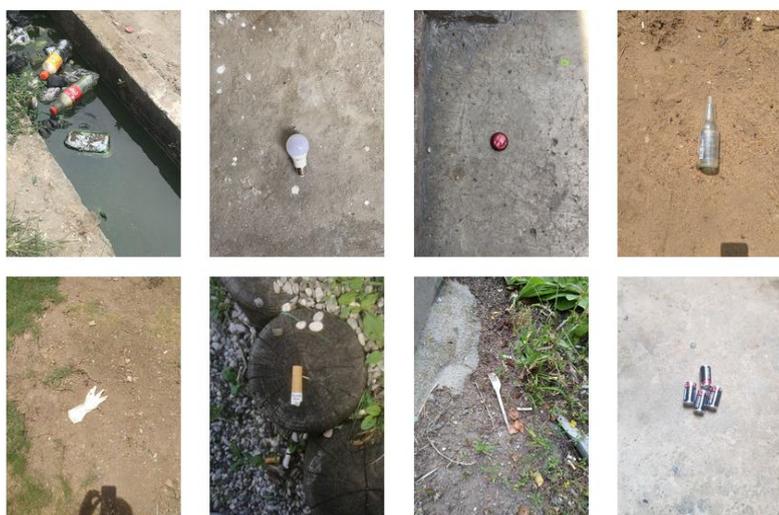


Figure 3. 12:Litter [39]

6.7.TrashBox dataset

Ensemble de données d'objets poubelles pour la classification et la détection des déchets (aucune annotation de détection fournie dans le référentiel). Contient 17785 images d'objets inutiles extraites du Web [40] .

Les catégories de déchets sont les suivantes :

- **Déchets médicaux** : seringues, gants chirurgicaux, masques chirurgicaux, médicaments (médicaments et pilules) [Nombre d'images : 2010]
- **Déchets électroniques** : Puces électroniques, Ordinateurs portables et Smartphones, Appareils électroménagers, Fils, cordons et câbles électriques [Nombre d'images : 2883]
- **Plastique** : Sacs, Bouteilles, Contenants, Gobelets, Mégots (qui ont un filtre en plastique) [Nombre d'images : 2669]
- **Papier** : Tetra Pak, Journaux, Gobelets en papier, Mouchoirs en papier [Nombre d'images : 2695]
- **Métal** : canettes de boisson, déchets de construction, bombes aérosols, canettes de qualité alimentaire, autres objets métalliques. [Nombre d'images : 2586]
- Verre [Nombre d'images : 2528]
- **Carton** [Nombre d'images : 2414]

6.8.Comparaison des datasets

Tableau 1: Comparaison de dataset

Nom	Categories	Subcategories	Images	Annotations	Commentaire
TrashCan 1.0	3	34	7212	Segmentation	Images sous-marines
Trash-ICRA19	3	34	5700	Detection	Images sous-marines
TACO	28	60	1500	Segmentation	Déchets dans la nature
TrashBox	7	25	17785	Detection /Classification	Extrait du Web
Trashnet	6	-	2527	Classification	Arrière-plan transparent

Waste Classification Data	2	-	25K	Classification	Extrait de la recherche Google
Litter	24	Size , shape ou material	14K	Detection	Déchets dans la nature. Licence payante

7. Les travaux connexes

Les recherches sur les systèmes d'aide à la décision dans le domaine de la gestion des déchets basés sur des techniques d'intelligence artificielle varient, incluant des recherches spécialisées dans le suivi des déchets, des recherches sur l'identification des déchets, ainsi que des recherches sur le tri des déchets (classification).

Les usages des techniques de IA (plus précisément : apprentissage profond) diffèrent également dans l'analyse d'images/vidéos de déchets, comme l'utilisation de détection/classification ou de la segmentation.

Nous présentons dans ce qui suit un ensemble des travaux connexes de classification/segmentation des déchets basée sur l'apprentissage profond.

7.1. Classification

Le domaine de la classification des images est largement utilisé pour la détection et la catégorisation des ordures. La classification des images est un processus par lequel une image peut être classée en fonction de son contenu visuel

[40] ont proposé un modèle de réseau neuronal convolutif visant à séparer les déchets en trois catégories, à savoir les déchets compostables, les déchets recyclables et les déchets de rejet, c'est-à-dire non recyclables ou réutilisables.

Dans [41] , l'autre propose une méthode utilisant MHS (Multilayer hybride deep learning method) qui utilise CNN pour extraire des caractéristiques des images et MLP pour combiner ces caractéristiques extraites des images grâce à des capteurs, triant finalement les déchets en deux catégories à savoir recyclables et autres. La méthode a atteint une précision globale supérieure à 90 %. Mindy Yang et al.

[42] propose une application smartphone pour la détection de flaques de déchets dans des images cliquées par des utilisateurs qui sont géolocalisées. Il utilise CNN sur les images pour la détection des pools de déchets ; l'application atteint une précision moyenne de 87,69 %.

Dans [43], les auteurs ont utilisé les données de classification des déchets dans le but de comparer les performances de divers réseaux de neurones à convolution pré-formés, à savoir AlexNet, ResNet, VGG-16 et InceptionNet pour la classification des déchets. Le réseau de neurones InceptionNet a montré la meilleure mesure de performance pour le modèle proposé avec une précision de 98,15 % et une perte de 0,10 pour l'ensemble d'apprentissage alors qu'elle était de 96,23 % et de 0,13 pour l'ensemble de validation.

7.2.Segmentation

Dans le domaine de la segmentation sémantique, une image est divisée en segments où tous les pixels d'un segment ont des caractéristiques communes.

Cenk Bircanoglu et al. [44] ont comparé divers réseaux convolutifs profonds comme les réseaux résiduels profonds, Inception Res-Net, MobileNet, DenseNet, etc

Dans [45] propose une manière de traiter la structure de l'image basée sur la segmentation de l'image, la reconstruction 3D et l'estimation du volume. Le travail utilise une segmentation par fenêtre glissante basée sur des réseaux de neurones profonds. La sortie du système est le volume des déchets détectés et analysés.

Dans [46] présente un modèle dans lequel le contenu d'observation vidéo est disséqué, en utilisant la disposition des objets. Les éléments apparaissant dans la vidéo sont reconnus et classés à l'aide d'un modèle de système neuronal convolutionnel. Un enregistrement de journal contenant les classes d'éléments uniques et l'heure d'apparition est produit pour une recherche ultérieure. Kimin Yun et al.

8. Synthèse

Pour aide à prendre des décisions au niveau de planification urbaine, plus précisément, au niveau de gestion des déchets urbains, nous avons choisi d'appliquer une approche intelligente basée sur les algorithmes d'apprentissage automatique dans le domaine de

classification des déchets afin de produire un système intelligent aide à prendre des décisions de classer les déchets au 2^e niveau, recyclable et non recyclable afin d'améliorer le processus de tri, voir les plus grandes économies environnementales et financières, diminuer les erreurs humaines, élimination des déchets dans le respect de l'environnement, etc.

Notre travail est similaire à celui de [43], à la différence près que nous avons formé les images avec d'autres techniques, telles que les réseaux CNN (Scratch) et un autre (Transfer Learning) dans le but de comparer et identifier le meilleur classificateur.

9. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un état de l'art sur les algorithmes d'apprentissage profond ainsi que les datasets disponibles pour la classification/segmentation des déchets, avec qu'une étude sur les travaux connexes et finalement nous avons montré notre synthèse.

Chapitre 4

Contribution & Implémentation

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons notre contribution de création un système intelligent pour aide à la décision dans la phase de trie de déchets , nous coénonçons tous d'abords par l'architecture générale qui résume notre travaille , puis nous détaillons l'architecture proposé , la base de données et finalement nous détaillons les étapes d'implémentation et l'évaluation .

2. CNN pour la classification des images

CNN est généralement utilisé pour le traitement des images. Pour notre cas, nous utiliserons les CNNs pour classer image de type jpg. Les modèles CNNs a montré des résultats parfaits lors de l'évaluation de l'environnement à l'aide d'images. Cependant, la création de model CNN peut être de types scratch ou bien par l'appel d'un modèle.

3. Architecture générale

Tout comme la catégorisation de n'importe quel ensemble de données d'image dans des sections spécifiques est un problème de type Computer Vision, cette application est considérée comme un problème d'apprentissage image profond.

Nous allons commencer avec des fichier images, appliquer un prétraitement de données (augmentation de données), les insérer dans un modèle CNN et faire des prédictions sur la classe à laquelle appartient l'image.

La figure suivant résume notre système proposé, une fois les déchets collectés, ils peuvent être séparés en plusieurs catégories à l'aide d'un système de traitement d'images informatisé. L'approche que nous proposons utilise une caméra numérique reliée à un ordinateur exécutant une application de classification des déchets. Le logiciel de ce système emploie des méthodes de traitement d'image basées sur des cv ouverts et des réseaux neuronaux pour reconnaître les objets. Les débris qui sont passés séparément sur le tapis roulant sont photographiés par la caméra et envoyés au système programmé par ordinateur pour identification. Enfin, les ordures sont envoyées vers des conteneurs particuliers en fonction des résultats du système.

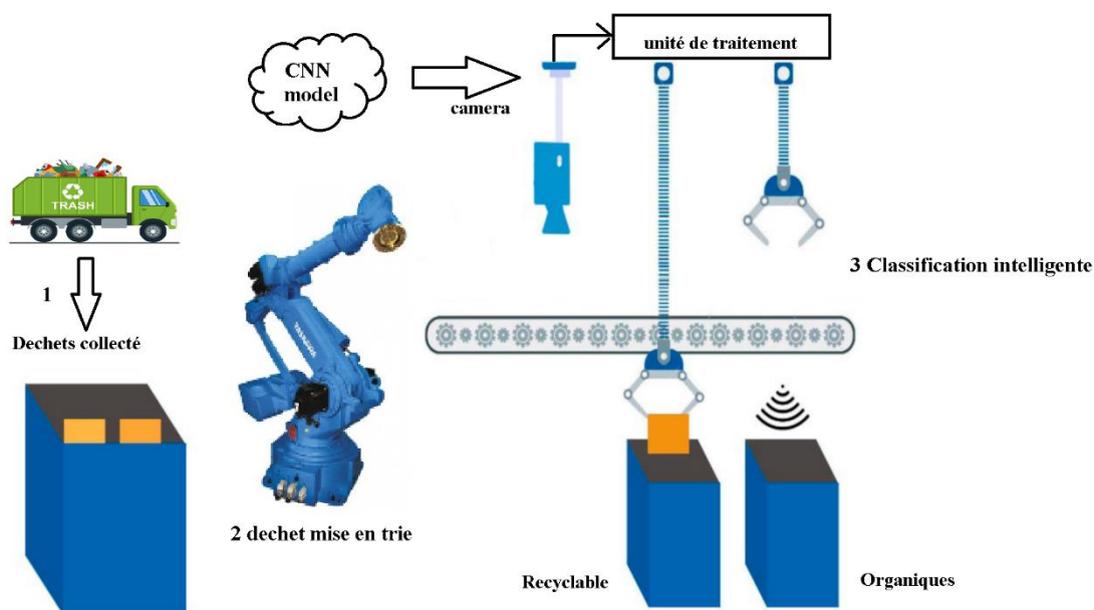


Figure 4. 1: Architecture générale de system proposé

4. Architecture détaillée du système proposé

L'idée proposée se concentre principalement sur la catégorisation et l'identification des déchets qui ont été jetés dans les processus. Normalement, les déchets non traités sont déversés dans une décharge où ils se décomposent, mais cela peut prendre des milliers d'années pour que les déchets non biodégradables le fassent. Ce projet émet l'idée qu'un système automatisé pourrait classer et identifier les déchets en se basant uniquement sur les caractéristiques de la pièce elle-même, notamment sa forme, sa couleur et sa taille. Le système proposé est capable d'auto-apprentissage et peut donc être constamment mis à jour en cas de nouveau déchet.

L'avantage de ce système proposé est qu'il comprendrait une classification simple des déchets organiques/recyclables, la décomposition des déchets, moins de risques sanitaires et une procédure plus rapide qui ne nécessite qu'un petit investissement initial.

La conception de base du système proposé est illustrée dans la figure suivante.

La collecte des données est la première étape, après quoi elles sont normalisées, organisées en groupes de même taille et divisées en deux groupes (train et test). Les données du groupe de formation sont utilisées pour développer le modèle, tandis que les données du groupe de test sont utilisées pour tester le modèle. Enfin, le modèle doit passer par l'étape d'évaluation.

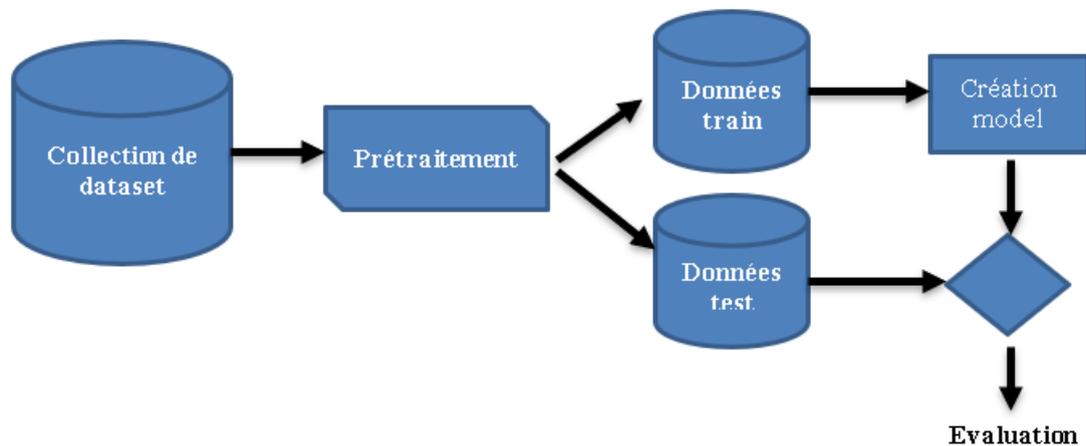


Figure 4. 2: Architecture détaillé de système proposé

5. Architecture du modèle CNN

Nous avons mis en place une approche d'un réseau profond (CNN), l'architecture de cette approche a été modifiée et améliorée en essayant plusieurs combinaisons de plusieurs paramètres.

Cependant, l'architecture du modèle proposé présente les caractéristiques suivantes :

- Les couches d'entrées ont une dimension (nombre de neurones) égale au nombre de caractéristiques du vecteur d'entrée.
- La fonction d'activation utilisée était *ReLU*, différentes autres fonctions comme *tanh* et *sigmoid* ont été expérimentées, mais le *ReLU* donne toujours les meilleurs résultats.
- Les couches de sortie ont une dimension égale au nombre de classes (les dix chiffres arabes parlés), pour la classification multi-classes la fonction d'activation "*Softmax*" a été choisie. Elle donne une probabilité (dont la somme vaut 1) en sortie de chaque neurone, le neurone de sortie avec la probabilité la plus grande permettant alors de décider que sa classe associée est la classe prédite.
- La technique *dropout* a été utilisée aussi, lorsqu'on tombe au problème de surapprentissage (*Overfitting*). Cette technique s'agit de considérer aléatoirement qu'un pourcentage de neurones d'une couche dans le but d'obtenir un modèle généralisable.
- La fonction de perte (*Loss function*) sélectionnée était "*binary_crossentropy*" pour la classification binaire.

L'optimiseur "*Adam*" a été utilisé au lieu de l'algorithme d'optimisation stochastique du

gradient descendant (*SGD*) qui nous a données de mauvais résultats.

La fonction de perte va mesurer l'écart entre les prédictions de modèle et les résultats attendus. Ensuite, l'algorithme d'optimisation "*Adam*" va dicter comment mettre à jour les poids d'un réseau de neurones pour diminuer la perte, qui au modèle de converge rapidement et obtient des meilleures prédictions avec le minimum d'erreur.

6. Model from scratch

```

Model: "sequential"
-----
Layer (type)                Output Shape                Param #
-----
conv2d (Conv2D)              (None, 178, 178, 128)      3584
conv2d_1 (Conv2D)            (None, 176, 176, 128)      147584
max_pooling2d (MaxPooling2D) (None, 88, 88, 128)        0
batch_normalization (BatchN (None, 88, 88, 128)        512
ormalization)
conv2d_2 (Conv2D)            (None, 86, 86, 256)        295168
conv2d_3 (Conv2D)            (None, 84, 84, 256)        590080
max_pooling2d_1 (MaxPooling (None, 42, 42, 256)        0
2D)
batch_normalization_1 (Batc (None, 42, 42, 256)        1024
hNormalization)
conv2d_4 (Conv2D)            (None, 40, 40, 512)        1180160
max_pooling2d_2 (MaxPooling (None, 20, 20, 512)        0
2D)
flatten (Flatten)            (None, 204800)              0
batch_normalization_2 (Batc (None, 204800)              819200
hNormalization)
dense (Dense)                 (None, 1024)                209716224
dense_1 (Dense)               (None, 512)                  524800
dense_2 (Dense)               (None, 256)                  131328
dense_3 (Dense)               (None, 2)                    514
activation (Activation)       (None, 2)                    0
-----
Total params: 213,410,178
Trainable params: 212,999,810
Non-trainable params: 410,368

```

Figure 4. 3: Architecture de modèle CNN proposé

Les couches de convolution ont des nombres de filtres variés de différentes tailles, ils ont le *Padding same* pour conserver la même taille des cartes de caractéristiques d'entrées. Étant donné une matrice d'entrée 2D de spectrogramme, l'opération de convolution 2D utilisant plusieurs filtres nous donne une carte de caractéristiques appelées (*Features map*), ensuite, la fonction d'activation *ReLU* sera appliquée à chaque valeur du *features maps*.

Ces caractéristiques seront encore passé à l'opération *Max – pooling* sur la carte de

caractéristiques afin d’obtenir de nouvelles caractéristiques plus significatives dans lesquelles la nouvelle caractéristique c’est la valeur maximum des autres valeurs de la carte. Ensuite une autre couche convolutif et de *max polling* sont répétée pour obtenir de nouvelles caractéristiques plus significatives. Ces nouvelles caractéristiques seront finalement transmises à deux couches entièrement connectées, une couche de *Dropout* est utilisée afin d’éviter le sur-apprentissage. La dernière couche contient la fonction *Soft – max* qui donne la distribution de probabilité sur chaque classe.

La version efficace de l’algorithme descente de gradient stochastique « *Adam* » était utilisé pour optimiser le réseau, et la fonction de perte d’entropie croisée catégorique (*categorical_crossentropy*) était utilisée étant donné que nous apprenons un problème de classification multi-classes.

5.1.Model Transfer Learning (VGG 16)

```
Model: "vgg16"
```

Layer (type)	Output Shape	Param #
input_1 (InputLayer)	[(None, 180, 180, 3)]	0
block1_conv1 (Conv2D)	(None, 180, 180, 64)	1792
block1_conv2 (Conv2D)	(None, 180, 180, 64)	36928
block1_pool (MaxPooling2D)	(None, 90, 90, 64)	0
block2_conv1 (Conv2D)	(None, 90, 90, 128)	73856
block2_conv2 (Conv2D)	(None, 90, 90, 128)	147584
block2_pool (MaxPooling2D)	(None, 45, 45, 128)	0
block3_conv1 (Conv2D)	(None, 45, 45, 256)	295168
block3_conv2 (Conv2D)	(None, 45, 45, 256)	590080
block3_conv3 (Conv2D)	(None, 45, 45, 256)	590080
block3_pool (MaxPooling2D)	(None, 22, 22, 256)	0
block4_conv1 (Conv2D)	(None, 22, 22, 512)	1180160
block4_conv2 (Conv2D)	(None, 22, 22, 512)	2359808
block4_conv3 (Conv2D)	(None, 22, 22, 512)	2359808
block4_pool (MaxPooling2D)	(None, 11, 11, 512)	0
block5_conv1 (Conv2D)	(None, 11, 11, 512)	2359808
block5_conv2 (Conv2D)	(None, 11, 11, 512)	2359808
block5_conv3 (Conv2D)	(None, 11, 11, 512)	2359808
block5_pool (MaxPooling2D)	(None, 5, 5, 512)	0

```

=====
Total params: 14,714,688
Trainable params: 0
Non-trainable params: 14,714,688
=====

```

Pour le training de modèle nous avons choisi le VGG 16 . Un réseau neuronal résiduel est un réseau neuronal convolutif (CNN) avec de nombreuses couches. En particulier, VGG 16 est un CNN avec 16 couches qui ont été pré-entraînées sur la base de données ImageNet. Un CNN préformé fonctionnera mieux sur les nouvelles tâches de classification d'images car il a déjà appris certaines fonctionnalités visuelles et peut transférer ces connaissances (d'où un transfert d'apprentissage). Puisqu'ils sont capables de décrire plus de complexité, les réseaux de neurones profonds devraient théoriquement mieux fonctionner que les réseaux peu profonds sur les données d'entraînement. En réalité, cependant, les réseaux de neurones profonds ont tendance à avoir des performances empiriques pires que les réseaux peu profonds. Des réinitialisations ont été créées pour contourner ce problème à l'aide d'un hack appelé connexions de raccourci. Lorsque des ajustements sont nécessaires, les connexions de raccourci appliquent la fonction d'identité pour transmettre des informations aux couches suivantes. Cela raccourcit le réseau neuronal lorsque cela est possible et permet aux réinitialisations d'avoir des architectures profondes et de se comporter davantage comme des réseaux neuronaux peu profonds. Le 34 dans resnet34 se réfère simplement au nombre de couches. L'architecture de notre deuxième modèle est la suivante :

7. Environnement de développement

Notre modèle est implémenté sous une machine avec un processeur Intel Core i5 fonctionnant avec une vitesse d'horloge de 1,8 GHz, 16 Go de mémoire, 128 Go de SSD et 1 To de stockage. Le langage de programmation est le langage python le plus spécifié pour le domaine d'analyse des données. L'implémentation a été réalisée localement avec l'IDE anaconda (Jupyter Notebook) et aussi sur le cloud de google (Google colab) pour bénéficier de GPU. Les étapes d'implémentation sont réalisées à l'aide de diverses bibliographies telles que : Keras, Tensorflow, Pandas, Numpy , Matplotlib.

7.1.Python

Python est un langage de programmation généraliste interprété de haut niveau. Ce langage est l'un des principaux langages d'analyse de données et il met fortement l'accent sur les nombreuses tâches telles que l'analyse d'images, ce qui signifie combiner les meilleures fonctionnalités nécessaires à la réalisation de notre travail. Dans notre implémentation nous avons utilisé la version 3 du python (Python 3) [47] .



Figure 4. 4: pyhton logo [47]

7.2. Google colab

Colaboratory (Colab), est un produit de Google Research. Colab permet à n'importe qui d'écrire et d'exécuter le code Python de son choix par le biais du navigateur. C'est un environnement particulièrement adapté au machine learning, à l'analyse de données et à l'éducation. En termes plus techniques, Colab est un service hébergé de notebooks Jupyter qui ne nécessite aucune configuration et permet d'accéder sans frais à des ressources informatiques, dont des GPU [48].



Figure 4. 5: google colab logo [48]

7.3. Numpy

NumPy est une bibliothèque pour le langage de programmation Python, ajoutant la prise en charge de grands tableaux et matrices multidimensionnels, ainsi qu'une grande collection de fonctions mathématiques de haut niveau pour opérer sur ces tableaux [49].



Figure 4. 6: NumPy logo [49]

7.4. Pandas

Pandas est une bibliothèque logicielle écrite pour le langage de programmation Python pour la manipulation et l'analyse de données. En particulier, il propose des structures de données et des opérations de manipulation de tableaux numériques et de séries chronologiques [50].



Figure 4. 7:Pandas logo [50]

7.5.Keras

Keras est une bibliothèque de logiciels open source qui fournit une interface Python pour les réseaux de neurones artificiels. Keras agit comme une interface pour la bibliothèque TensorFlow [51].



Figure 4. 8:Keras logo [51]

7.6.Tensorflow

TensorFlow est une bibliothèque de logiciels gratuite et open source pour l'apprentissage automatique et l'intelligence artificielle. Il peut être utilisé dans une gamme de tâches, mais se concentre particulièrement sur la formation et l'inférence des réseaux de neurones profonds [52].



Figure 4. 9:TensorFlow logo [52]

7.7.Matplotlib

Matplotlib est une bibliothèque de traçage pour le langage de programmation Python et son extension de mathématiques numériques NumPy. Il fournit une API orientée objet pour intégrer des tracés dans des applications à l'aide de kits d'outils d'interface graphique à usage général [53].



Figure 4. 10:Matplotlib logo [53]

8. Dataset

L'ensemble de données original de Kaggle se compose de 25 077 images d'images organiques

(13 966) et recyclables (11 111). Les images acquises sont des fichiers .jpg colorés d'orientation aléatoire portrait et paysage avec une résolution allant de 191 pixels (minimum) x 264 pixels (maximum). Un total de 24 705 images ont le mode couleur RGB tandis que 372 images ont le mode P. Ce dernier a été supprimé de l'ensemble de données pour éviter les problèmes de bandes de couleurs. Ainsi, seules 24 705 images ont été retenues pour les expérimentations [54] .

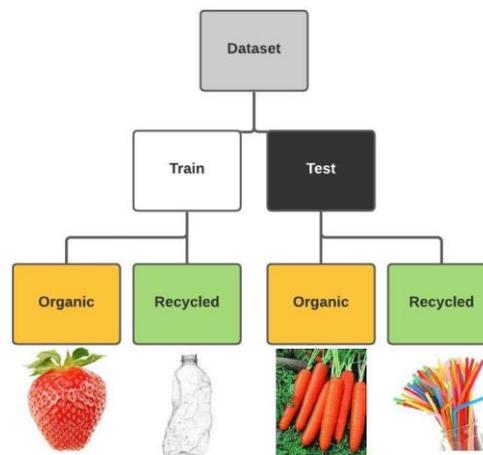


Figure 4. 11:Structure de dataset

9. Etapes d'implémentation

9.1.Importation des bibliographie

```

import pandas as pd
import numpy as np
import logging
import tensorflow as tf
import warnings
import glob
import tqdm
import os
from tqdm import tqdm
from IPython import display
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
from seaborn import heatmap
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import confusion_matrix, classification_report
from skimage.io import imread, imshow
from skimage.transform import resize
from keras.models import Sequential, load_model
from keras.layers import Conv2D, Lambda, BatchNormalization, MaxPooling2D, Dense, Dropout, Flatten, Activation # convolution layers & core
from tensorflow.keras.layers import BatchNormalization
from keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator
from keras.utils.np_utils import to_categorical
from tensorflow import keras
from tensorflow.keras.applications.vgg16 import VGG16
from tensorflow.keras.preprocessing.image import image_dataset_from_directory
from tensorflow.keras.preprocessing.image import load_img, img_to_array
from tensorflow.keras.callbacks import EarlyStopping, ModelCheckpoint, History

```

9.2.Importation de dataset

```

import json

!pip install -q kaggle

!mkdir -p ~/.kaggle
!cp kaggle.json ~/.kaggle/

token = {"username":"","key":"b9133bcd67ead0722a8cb3e57403aeb3"}
with open('/root/.kaggle/kaggle.json', 'w') as file:
    json.dump(token, file)

! chmod 600 /root/.kaggle/kaggle.json

! kaggle datasets download -d techsash/waste-classification-data

cp: cannot stat 'kaggle.json': No such file or directory
Downloading waste-classification-data.zip to /content
 97% 416M/427M [00:03<00:00, 166MB/s]
100% 427M/427M [00:03<00:00, 135MB/s]

```

9.3.Unzip le fichier de dataste

```

# Unzip la dataset de fichier zip
!unzip '/content/waste-classification-data.zip'

```

9.4.Englober les classes de dataset

```

[4] # chemin de dataset
base_dir = "DATASET/"
train_dir = os.path.join(base_dir, "TRAIN")
test_dir = os.path.join(base_dir, "TEST")

[5] # join la dataset (train )
train_o = glob.glob(os.path.join(train_dir, 'o', '*.jpg'))
train_r = glob.glob(os.path.join(train_dir, 'r', '*.jpg'))

a = len(train_o)
b = len(train_r)

#afficher la taille de dataset
print("Number of training samples: {}".format(a+b))

Number of training samples: 22564

[6] # join la dataset (test )
test_o = glob.glob(os.path.join(test_dir, 'o', '*.jpg'))
test_r = glob.glob(os.path.join(test_dir, 'r', '*.jpg'))

a = len(test_o)
b = len(test_r)

#afficher la taille de dataset
print("Number of test samples: {}".format(a+b))

Number of test samples: 2513

```

9.5.Prétraitement de données

9.5.1. Augmentation de données

Split: 80/20

Rescale (255)

Image size (180, 180)

Flips: True

Rotation: 10

Zoom: 0.4

```
[ ] # Generation train

train_datagen = ImageDataGenerator(rescale = 1.0 / 255.0,
                                   zoom_range = 0.4,
                                   rotation_range = 10,
                                   horizontal_flip = True,
                                   vertical_flip = True,
                                   validation_split = 0.2)

# Generation validation

valid_datagen = ImageDataGenerator(rescale = 1.0 / 255.0,
                                   validation_split = 0.2)

# Generation test

test_datagen = ImageDataGenerator(rescale = 1.0 / 255.0)
```

9.5.2. Preparation des données

▾ Train Dataset

```
# Train dataset
train_ds = train_datagen.flow_from_directory(directory = train_dir,
                                             target_size = (180, 180),
                                             class_mode = 'categorical',
                                             batch_size = 32,
                                             subset = 'training')

Found 18052 images belonging to 2 classes.
```

▾ Validation Dataset

```
[9] # Validate dataset
valid_ds = valid_datagen.flow_from_directory(directory = train_dir,
                                             target_size = (180, 180),
                                             class_mode = 'categorical',
                                             batch_size = 32,
                                             subset = 'validation')

Found 4512 images belonging to 2 classes.
```

▾ Test Dataset

```
[10] # Test dataset
test_ds = test_datagen.flow_from_directory(directory = test_dir,
                                           target_size = (180, 180),
                                           class_mode = 'categorical',
                                           batch_size = 32,
                                           shuffle=False)
```

9.5.3. Renommer les classes (labels)

```
[ ] # verifier les classes

print(f"Class indices for tain data {train_ds.class_indices}")
print(f"Class indices for test data {train_ds.class_indices}")

Class indices for tain data {'0': 0, 'R': 1}
Class indices for test data {'0': 0, 'R': 1}
```

9.6. Création du premier model (CNN from scratch)

```

# Convolutional Neural Network - CNN
model = Sequential()
model.add(Conv2D(128,(3,3),activation='relu', input_shape = (180,180,3)))
model.add(Conv2D(128,(3,3),activation='relu'))
model.add(MaxPooling2D(2,2))
model.add(BatchNormalization())
model.add(Conv2D(256,(3,3),activation='relu'))
model.add(Conv2D(256,(3,3),activation='relu'))
model.add(MaxPooling2D(2,2))
model.add(BatchNormalization())
model.add(Conv2D(512,(3,3),activation='relu'))
model.add(MaxPooling2D(2,2))
model.add(Flatten())
model.add(BatchNormalization())
model.add(Dense(1024))
model.add(Dense(512))
model.add(Dense(256))
model.add(Dense(2)) # output
model.add(Activation("softmax"))
model.summary()
#compiler et fiter le model

model.compile(loss = "categorical_crossentropy", optimizer = "adam", metrics = ["accuracy"])
batch_size = 256
#hist = model.fit(train_ds, epochs=10, validation_data = valid_ds)

hist = model.fit_generator( generator = train_ds, epochs=10, validation_data = valid_ds)

```

9.7. Création du deuxième model (CNN transfer learning : VGG16)

```

[20] # Base model

base_model = VGG16(input_shape=(180,180,3),
                  include_top=False,
                  weights="imagenet")

```

10. Résultat et discussion

10.1. Mesures d'évaluation

Model CNN

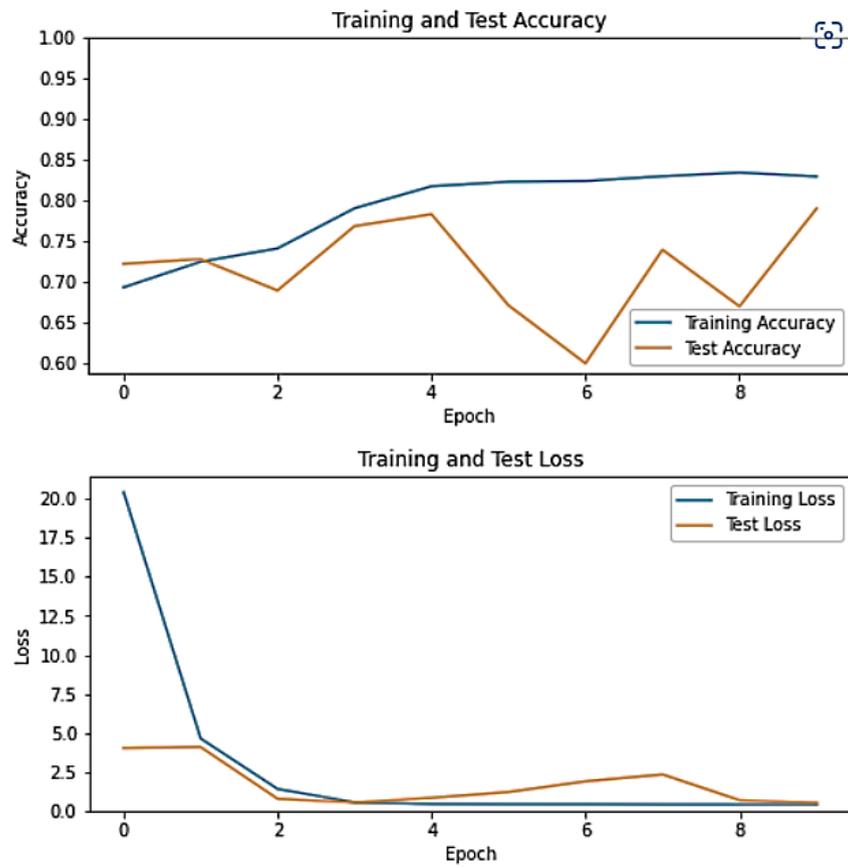


Figure 4. 12: Accuracy et loss de CNN

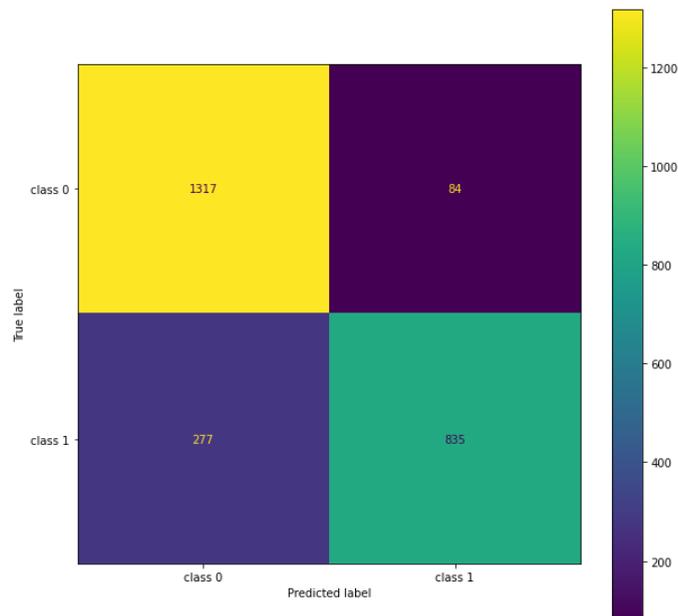


Figure 4. 13: Matrice de confusion de CNN

Exemple de prédiction CNN

```

test_x, test_y = test_ds.__getitem__(1)

labels = (test_ds.class_indices)
labels = dict((v,k) for k,v in labels.items())

preds = model.predict(test_x)

plt.figure(figsize=(16, 16))
for i in range(6):
    plt.subplot(2, 3, i+1)
    plt.title('pred:%s / truth:%s' % (labels[np.argmax(preds[i])], labels[np.argmax(test_y[i])]))
    plt.imshow(test_x[i])
    
```

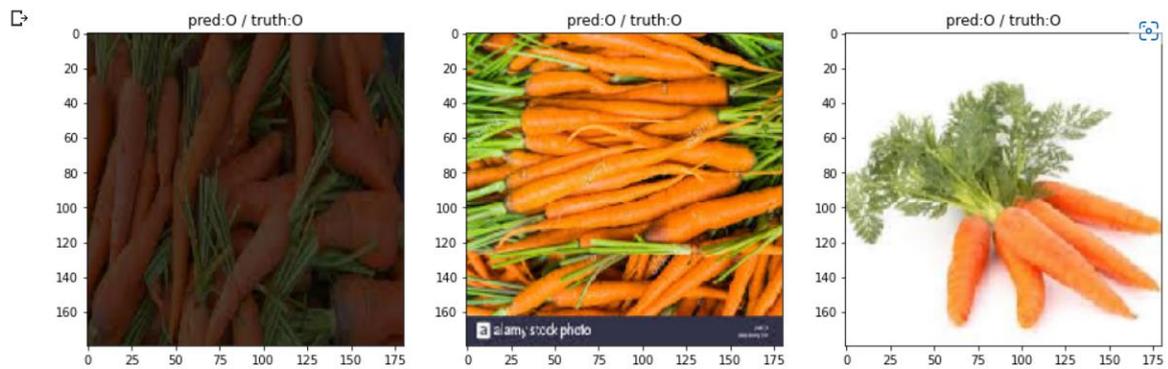


Figure 4. 14: Exemple de prédiction CNN

Model VGG16

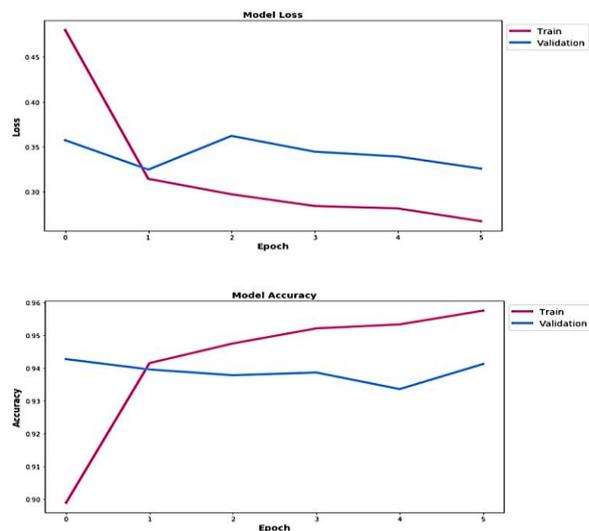


Figure 4. 15: Accuracy et loss de VGG 16

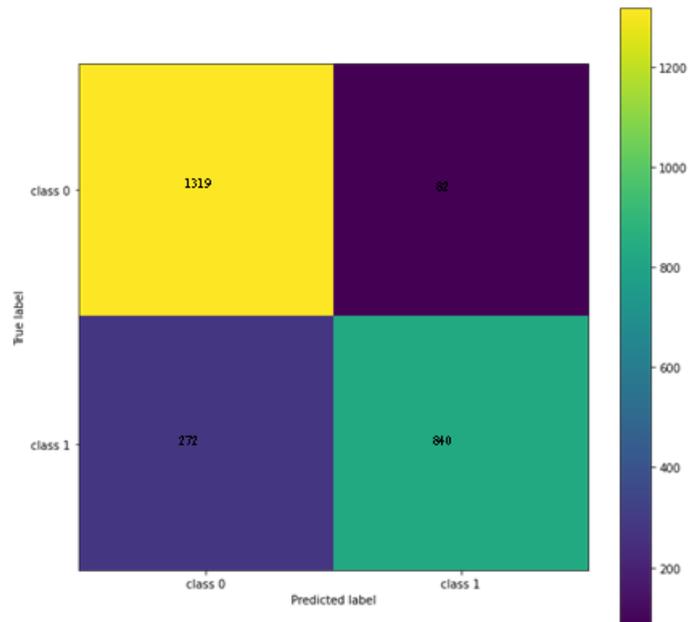


Figure 4. 16:Matrice de confusion VGG 16

Exemple de prédiction VGG 16

Test Case 1 - ORGANIC

```
test_case1 = load_img(test_dir + '/0' + '/0_12568.jpg', target_size=(180,180))
getprediction(test_case1)
```

The image belongs to Organic waste category, probability: 0.999996542930603.



Figure 4. 17:Exemple de prédiction VGG 16

11. Conclusion

Pour la classification des images de déchets , nous avons utilisé deux modèle d'apprentissage en profondeur avec l'ensemble de données "*waste classsification data*". Il y avait de nombreux défis avec le développement qui ont nécessité beaucoup de temps pour être résolus. La taille de l'ensemble de données et les limites des outils matériels à portée de main (processeur, mémoire). Pour résoudre ces problèmes, nous avons choisi de collaborer avec la plateforme google colab afin de tirer parti des ressources matérielles et d'exécuter notre modèle CNN pour une classification binaire qui comprenait les les dechets organiques et recyclables. De nombreux essais ont été faites pour découvrir l'architecture optimale pour la classification avec les hyper-paramètres appropriés des modèles. Le modèle transfer learnig proposés a produit des résultats satisfaisants, avec une bonne précision de classification des divers image par rapport de le model from scratch .

Conclusion

générale

1. Conclusion

Ce travail de recherche s'inscrit dans le cadre d'un système intelligent d'aide à la décision pour la planification urbaine. Dans ce fait et en cours de cette thèse, nous avons étudié le domaine de la planification urbaine et extrait l'axe de La gestion des déchets comme un cas d'étude. La gestion des déchets constitue un grand défi auquel fait face toutes les sociétés actuelles où leur traitement reste une problématique et se traduit par des multiplications négatives. Pour faire face à cette problématique, nous avons adopté une méthodologie de recherche qui consiste à concevoir et implémenter un système de classification automatique (intelligent) d'images dont une perspective diade à la décision pour classer les déchets comme organique ou bien recyclable et les mettre dans le cycle de recyclage.

À ce stade nous avons choisi d'appliquer les algorithmes d'apprentissage profond pour classer les déchets en 2 catégories, notre contribution est basée sur un modèle CNN from scratch et un autre modèle transfer learning (VGG16). Pour cela nous avons choisi de réaliser une application intelligente sous le langage de programmation Python qui utilise une source de données contenant des images annotées par des valeurs (organique et recyclable) pour la dataset de waste classification data.

Nous avons commencé par l'introduction de contexte de planification urbaine et la gestion des déchets. Ensuite, nous avons étudié le domaine d'aide à la décision ainsi que les approches d'aide à la décision. En plus nous avons réalisé un état de l'art où nous avons mis l'accent sur les algorithmes d'apprentissage automatique et leur application aux systèmes d'aide à la décision pour les gestions des déchets (travaux connexes), puis nous avons proposé notre contribution où nous avons étudié deux modèles et faire une comparaison.

Les résultats obtenus sont très encourageants, où nous avons atteint un meilleur Taux celui de 94% dans le deuxième modèle avec le VGG 16.

2. Perspectives

Notre travail ne s'arrête pas à ce stade, il reste ouvert pour des améliorations. Dans ce fait nos futures améliorations sont :

CONCLUSION GENERALE

- ✓ Nous voulons ajouter une contribution de segmentation des images pour mieux classifier les objets englobés dans une seule image
- ✓ Nous voulons travailler sur des autres algorithmes de IA pour augmenter et comparer les résultats .

Références

bibliographies

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] : MERLIN, P. & CHOAY, F. 1988. de l'article/du chapitre Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement, distributeur Presses Universitaires de France
- [2] : LAURINI, R. 2014. Information systems for urban planning: a hypermedia cooperative approach, CRC Press.
- [3] : SABRINA, S. 2006. Comportement des bétons à base de granulats recyclés. Génie civil.
- [4] : MATE 2004. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE), Aménagement de l'Algérie 2020, Alger, Algérie
- [5] : ASCHER, F. 1995. Métapolis: ou l'avenir dès villes, Odile Jacob.
- [6] : MASBOUNGI, A. & DE GRAVELAINE, F. 2002. Projets urbains en France/French urban strategies. Editions du Moniteur, Paris
- [7] : ARAB, N. 2004. L'activité de projet dans l'aménagement urbain: processus d'élaboration et modes de pilotage Les cas de la ligne B du tramway strasbourgeois et d'Odysseum à Montpellier. Ecole des Ponts ParisTech.
- [8] : KAWAI, K. & HUONG, L. T. M. 2017. Key parameters for behaviour related to source separation of household organic waste: A case study in Hanoi, Vietnam. Waste Management & Research, 35, 246-252.
- [9] : SEYRING, N., DOLLHOFER, M., WEIßENBACHER, J., BAKAS, I. & MCKINNON, D. 2016. Assessment of collection schemes for packaging and other recyclable waste in European Union-28 Member States and capital cities. Waste Management & Research, 34, 947-956.
- [10] : ZOBEL, T. 2015. ISO 14001 adoption and industrial waste generation: The case of Swedish manufacturing firms. Waste Management & Research, 33, 107-113
- [11] : ALI, M., WANG, W., CHAUDHRY, N. & GENG, Y. 2017. Hospital waste management in developing countries: A mini review. Waste Management & Research, 35, 581-592.
- [12] :BABU, B. R., PARANDE, A. K. & BASHA, C. A. 2007. Electrical and electronic waste: a global environmental problem. Waste Management & Research, 25, 307-318.
- [13]:GAN, L. & YANG, S. 2017. Legal context of high level radioactive waste disposal in China and its further improvement. Energy & Environment, 28, 484-498.
- [14]:<https://www.biltagarbi.com/vos-actions-au-quotidien/cycle-vie-dechets/> (12/05/2022)
- [15] : lises Cortés, Miquel Sànchez-Marrè, Luigi Ceccaroni, Ignasi R Roda, and Manel Poch. Artificial intelligence and environmental decision support systems. Applied intelligence, 13 (1): 77-91, 2000.
- [16] :Salvatore Greco, Benedetto Matarazzo, and Roman Slowinski. Rough sets theory for multicriteria decision analysis. European journal of operational

research, 129 (1): 1–47, 2001.

[17] : Paul R Kleindorfer, Howard Kunreuther, Howard G Kunreuther, and Paul JH Schoemaker. *Decision sciences: An integrative perspective*. Cambridge University Press, 1993

[18]: Marko Bohanec. *Decision support*. In *Data mining and decision support*, pages 23–35. Springer, 2003.

[19]: Daniel J Power. *A brief history of decision support systems*. DSSResources. com, 3, 2007.

[20] : Jung P Shim, Merrill Warkentin, James F Courtney, Daniel J Power, Ramesh Sharda, and Christer Carlsson. *Past, present, and future of decision support technology*. *Decision support systems*, 33 (2): 111–126, 2002

[21] : KHELIFA Boudjemaa ,*Système intelligent d'aide à la décision pour la planification du projet urbain* , these de doctorat , 2020

[22] :. W. Glorfeld and B. C. Hardgrave. *An improved method for developing neural networks: The case of evaluating commercial loan creditworthiness*. *Computer Operation Research*, 23 (10): 933–944, 1996.

[23] :ren Etzioni and Daniel Weld. *A softbot-based interface to the internet*. *Communications of the ACM*, 37 (7): 72–76, 1994.

[24] :M Khoong. *Decision support systems: an extended research agenda*. *Omega*, 23 (2): 221–229, 1995.

[25]:Lotfi A Zadeh. *Fuzzy sets*. *Information and control*, 8 (3): 338–353, 1965.

[26] :Radu F Babiceanu and F Frank Chen. *Development and applications of holonic manufacturing systems: a survey*. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 17 (1): 111–131, 2006.

[27] : Usama Fayyad, Gregory Piatetsky-Shapiro, and Padhraic Smyth. *The kdd process for extracting useful knowledge from volumes of data*. *Communications of the ACM*, 39 (11): 27–34, 1996.

[28] : Arthur L Samuel. 1959. *some studies on machine learning using the game of checkers*. *IBM Journal of Research and Development*, 3: 211–229, 1967.

[29] : Chen, Q., Wang, W., Wu, F., De, S., Wang, R., Zhang, B., & Huang, X. (2019). *A survey on an emerging area: Deep learning for smart city data*. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence*, 3(5), 392-410

[30] : [W. Yin, K. Kann,M. Yu, et H. Schütze. *Comparative Study of CNN and RNN for Natural Language Processing*, 2017.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIES

- [31] : Mojumder, U., Sarker, T. T., Monika, G. M., & Ratul, N. A. (2016). Vehicle model identification using neural network approaches (Doctoral dissertation, BRAC University).
- [32] :Detailed Guide to Understand and Implement ResNets – CV-Tricks.com (27/05/2022)
- [33] : Pedraza, A., Gallego, J., Lopez, S., Gonzalez, L., Laurinavicius, A., & Bueno, G. (2017, July). Glomerulus classification with convolutional neural networks. In Annual conference on medical image understanding and analysis (pp. 839-849). Springer, Cham.
- [34] : <https://conservancy.umn.edu/handle/11299/214865> (05/05/2022)
- [35]:<https://conservancy.umn.edu/handle/11299/214366> (05/05/2022)
- [36] :tacodataset.org(06 /05/2022)
- [37] : github <https://github.com/garythung/trashnet> (06/05/2022)
- [38] : <https://www.kaggle.com/techsash/waste-classification-data>
- [39] :<https://www.imageannotation.ai/litter-dataset>
- [40] : Hiremath T, Rajarajeswari S (2019) A survey on existing convolutional neural networks and waste management techniques and an approach to solve waste classification problem using neural networks
- [41]: Chu Y, Huang C, Xie X, Tan B, Kamal S, Xiong X (2018) Multilayer hybrid deep-learning method for waste classification and recycling. *Comput Intell Neurosci*
- [42] : Mittal G, Yagnik KB, Garg M, Krishnan NC (2016) Spotgarbage: smartphone app to detect garbage using deep learning. In *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing* (pp. 940–945).
- [43] :A deep learning approach based hardware solution to categorise garbage in environment | SpringerLink
- [44]:Bircanoğlu C, Atay M, Beşer F, Genç Ö, Kızrak MA (2018) RecycleNet: intelligent waste sorting using deep neural networks. In *2018 Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA)* (pp. 1–7). IEEE
- [45]:Nilopherjan N, Piriadharisini G, Rajmohan R, Sandhya SG (2018) Automatic garbage volume estimation using sift features through deep neural networks and poisson surface reconstruction. *Int J Pure Appl Math* 119(14):1101–1107
- [46]:Aljarrah I, Mohammad D (2018) Video content analysis using convolutional neural networks. In *2018 9th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS)* (pp. 122–126). IEEE
- [47] : Welcome to Python.org
- [48] : https://colab.research.google.com/?utm_source=scs-index
- [49] : What is NumPy? — NumPy v1.22 Manual

REFERENCES BIBLIOGRAPHIES

- [50] :pandas - Python Data Analysis Library (pydata.org)
- [51] : Keras: the Python deep learning API
- [52] : TensorFlow
- [53] :Matplotlib — Visualization with Python
- [54] : <https://data.mendeley.com/datasets/n3gtgm9jxj/2>