

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJI MOKHTAR- ANNABA UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة

Année: 2020

Faculté: Sciences de l'Ingénierat
Département: Electronique

MEMOIRE

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

Intitulé :

Application de Quelques Algorithmes de l'Intelligence Artificielle à la
Classification des Eaux Minérales selon l'Etat de Santé du
Consommateur.

Domaine: Sciences et Technologie

Filière: Automatique

Spécialité: Automatique et Systèmes

Par : Nessaibia Aymen

DEVANT Le JURY

Président : Mr M.Lafifi

MCA

UBM Annaba

Directeur de mémoire: Mr B.Bensaker

Pr.

UBM Annaba

Examineur: Mr M.N.Saadi

MCB

UBM Annaba

ملخص :

يتم تطبيق الذكاء الاصطناعي على جميع قطاعات النشاط: النقل، الصحة، الطاقة، الصناعة، الخدمات اللوجيستية، التمويل أو التجارة. تستخدم السحابة، والمركبات ذاتية الحكم، والمقاييس الذكية ... تستخدم جميعها خوارزميات قوية لتوفير استجابات فعالة وموثوقة وشخصية للمستخدمين. يجمع الذكاء الاصطناعي بين الأجهزة والبرامج، ويحشد المعرفة المتعددة التخصصات: الإلكترونيات (جمع البيانات، والشبكات العصبية) و علوم الكمبيوتر (معالجة البيانات، والتعلم العميق)، والرياضيات (نماذج تحليل البيانات) أو العلوم الانسانية والاجتماعية من أجل تحليل التأثير الاجتماعي الناجم عن هذه الإستخدامات الجديدة. في هذا العمل، سوف نقدم مبدأ الذكاء الاصطناعي، أيضا تطبيق بعض لوغاريتماته من أجل تصنيف البيانات المأخوذة من أوراق البيانات الفنية للمياه المعدنية وفقا للحالة الصحية للمستهلك.

الكلمات المفتاحية:

الذكاء الاصطناعي، الخوارزميات، تحليل البيانات، التصنيف، التعلم التلقائي، المياه المعدنية.

Abstract:

Artificial intelligence (AI) is applied to all sectors of activity: transport, health, energy, industry, logistics, finance or trade. Systems as Cloud computing, autonomous vehicle, smart meters...all use powerful algorithms to provide efficient, reliable and personalized responses to users. Combining hardware and software, artificial intelligence mobilizes multidisciplinary knowledge: electronics (data collection, neural networks), computer science (data processing, deep learning), mathematics (data analysis models) or human and social sciences for analyzing the societal impact induced by these new tools.

In this work, we will present the principle of AI, thus the application of some its algorithms for the classification of data taken form the technical sheets of the mineral waters with the respect of the consumer health state.

Keywords:

Artificial intelligence, Algorithms, Data analysis, Classification, Automatic learning, Mineral waters.

Résumé:

L'intelligence artificielle (IA) s'applique à tous les secteurs d'activité: transports, santé, énergie, industrie, logistique, finance ou encore commerce. Des systèmes tels que Cloud computing, véhicule autonome, compteurs intelligents...utilisent tous des algorithmes performants pour fournir des réponses efficaces, fiables et personnalisés aux utilisateurs. Associant matériels et logiciels, l'intelligence artificielle mobilise des connaissances multidisciplinaires: électronique (collecte de données, réseaux de neurones), informatique (traitement des données, apprentissage profond), mathématiques (modèles d'analyse des données) ou sciences humaines et sociales pour analyser l'impact sociétal induit par ces nouveaux usages.

Dans ce travail, nous allons présenter le principe de l'IA, ainsi l'application de quelques-uns de ses algorithmes pour la classification des données prélevées sur les fiches techniques des eaux minérales selon l'état de santé du consommateur.

Mots-Clés:

Intelligence Artificielle, Algorithmes, Traitement des données, Classification, Apprentissage, Eaux minérales.

Dédicace:

A ma très chère mère

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit, ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes cotés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mon très cher père

**Tu as toujours été à mes cotés pour me soutenir et m'encourager, sans oublier ton soutien financier tous le parcours.
Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.**

A mes très chers frères Oussama et Islam.

Puisse dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite.

A toute la promotion d'Automatique 2019-2020

Remerciements

Je remercie tout d'abord Dieu tout puissant de m'avoir donné le courage, la force et la patience d'achever ce modeste travail.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à Mr. Bansaker Bachir, en tant que Encadreur, je le remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.

Liste des Tableaux

Tab	Titre	Page
Tab 1-2	Données brutes prélevées sur les fiches techniques	25-26
Tab 3	Données à traiter par différents algorithmes	26
Tab 4	Un tableau montrant les classes avec les éléments minérales	32
Tab 5	Données prélevées sur les fiches techniques des eaux minérales	33
Tab 6	Valeurs caractéristiques des eaux minérales	34
Tab 7	Données normalisées des eaux minérales	35
Tab 8-9	Tableau de similarité	36-37

Liste des Figures

Fig	Titre	N°
Fig 1.1	L'IA et l'homme : main dans la main pour la relation client	11
Fig 1.2	Robot Intelligent	12
Fig 1.3	Zones cognitives	13
Fig 1.4	IA Faible IA Forte	16
Fig 1.5	Test de turing	19
Fig 2.1	Quelques eaux minérales produites et distribuées en Algérie	24

Tables des matières:

Introduction générale	10
Chapitre 1: Principes et concepts de base de l'intelligence artificielle	
1.1. Principe de l'intelligence artificielle	11
1.2. Différentes définitions de l'IA	13
1.3. Une brève Histoire de L'IA et de ses acteurs principaux	17
1.4. Test de turing	18
1.5. Quelques algorithmes de classification et d'apprentissage	19
1.6. Conclusion	22
Chapitre 2:Rôle des éléments minéraux dans la santé des personnes	
2.1. Introduction	23
2.2. Données minérales sur les eaux existantes sur le marché	23
2.3. Données à traiter par différents algorithmes	26
2.4. Les effets des éléments minéraux sur la santé humaine	27
2.5. Classification préliminaire	31
2.6. Conclusion.....	32

Chapitre 3 : Algorithmes de traitement des données et Simulation

3.1. Introduction.....	33
3.2. Normalisation des données	34
3.3. Regroupement des eaux minérales par catégories	35
3.3.1. Regroupement par la distance de Manhattan	36
3.3.2. Regroupement par la distance d'Euclide	37
3.4. Conclusion	38
Conclusion générale	39
Références Bibliographiques	40

Introduction générale

L'intelligence artificielle (IA) est une discipline en évolution rapide qui manipule des concepts, des techniques scientifiques déjà établies et des technologies de l'informatique, de l'électronique, de l'automatique, ... etc, pour traiter des problèmes difficilement résolubles par l'homme dont la solution exige des connaissances de la perception, du raisonnement, du traitement des informations et de l'apprentissage. L'IA offre son lot de découvertes chaque jour dans différents domaines techniques et non techniques qu'ils soient civiles ou militaires. Les systèmes d'aide au diagnostic et de suivi médical des patients, ont un rôle important dans l'amélioration de la qualité des diagnostics. Dans de tel domaine, de nombreuses méthodes de classification ont été appliquées, cherchant toujours à améliorer et augmenter l'efficacité et l'interprétabilité.

Plusieurs pays, comme les Etats Unis, la Chine, l'Angleterre, l'Allemagne et la France, ont déjà investi des sommes considérables pour la recherche et le développement des systèmes intelligents dans différents domaines. Cependant, la société civile a peur de l'avancée et de la généralisation des applications de l'intelligence artificielle notamment dans le domaine de la sécurité et de la préservation de la vie privée des personnes.

Dans ce mémoire nous allons présenter une introduction aux techniques de l'intelligence artificielle, sans prétendre de cerner totalement cette nouvelle discipline, notamment ses principes et concepts de base. Ensuite nous présenterons l'application de quelques algorithmes de classification des données prélevées sur les fiches techniques des eaux minérales selon la santé du consommateur.

Dans le premier chapitre nous allons revoir les concepts de base de l'intelligence artificielle et les techniques nécessaires à la mise en œuvre d'une application d'intelligence artificielle.

Un deuxième chapitre présente l'impact des éléments minéraux sur la santé des personnes ainsi que les données prélevées sur les fiches techniques des eaux minérales distribuées dans la région de Annaba.

Au troisième chapitre nous allons essayer d'appliquer quelques algorithmes de classification pour classer les eaux minérales selon la santé de consommateur. Pour cela les consommateurs sont classés en quatre classes qui sont les nourrissons et les bébés, les femmes enceintes, les personnes en convalescence et les personnes (très) âgées.

Chapitre I : Principes et concepts de base de l'intelligence artificielle

1.1. Principe de l'intelligence artificielle

Le but de l'intelligence artificielle (IA) est de concevoir des systèmes capables de reproduire le comportement de l'humain dans ses activités de raisonnement [1.1].

L'IA vise à reproduire le fonctionnement du cerveau humain, ou du moins sa logique lorsqu'il s'agit de prendre des décisions.

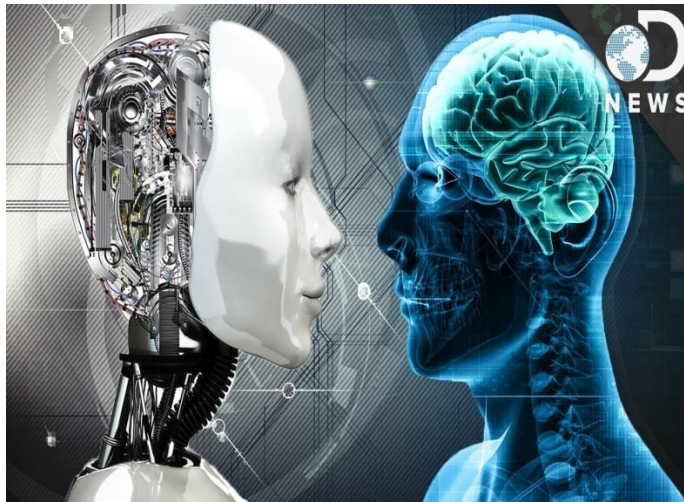


Figure 1.1 : L'IA et l'homme: main dans la main pour la relation client

L'intelligence artificielle (IA, ou AI en anglais pour *Artificial Intelligence*) consiste à mettre en œuvre un certain nombre de techniques visant à permettre aux machines d'imiter une forme d'intelligence réelle. L'IA se retrouve implémentée dans un nombre grandissant de domaines d'application.

La notion voit le jour dans les années 1950 grâce au mathématicien Alan Turing. Dans son livre « *Computing Machinery and Intelligence* », ce dernier soulève la question d'apporter aux machines une forme d'intelligence. Il décrit alors un test aujourd'hui connu sous le nom « Test de Turing » dans lequel un sujet interagit à l'aveugle avec un autre humain, puis avec une machine programmée pour formuler des réponses sensées. Si le sujet n'est pas capable de faire la différence, alors la machine a réussi le test et, selon l'auteur, peut véritablement être considérée comme « intelligente » [1.2].

Les systèmes d'aide au diagnostic et de suivi médical des patients, ont un rôle important dans l'amélioration de la qualité des diagnostics. Ces systèmes constituent donc des moyens techniques indispensables dans le domaine médical notamment la cardiologie. Dans un tel domaine, de nombreuses méthodes de classification ont été appliquées, cherchant toujours à améliorer et augmenter l'efficacité et l'interprétabilité.



Figure 1.2 : Robot Intelligent

La classification est un domaine de recherche qui a été développée aux années soixante. Il s'agit d'affecter un ensemble d'objets à un ensemble de classes selon la description de celles-ci. Cette description est effectuée grâce à des propriétés ou des conditions typiques propres aux classes. Les objets sont alors classifiés suivant qu'ils vérifient ou non ces conditions ou propriétés [1.3].

Pour le dire simplement, l'intelligence artificielle permet aux machines d'apprendre par «Expérience» de s'adapter aux nouvelles données et d'effectuer des tâches comme le ferait un être humain de manière que l'on qualifierait d'«intelligente» [1.3].

1.2. Différentes définitions de l'IA

Qu'est-ce que l'intelligence?

Le mot « **intelligence** » vient du latin « *intelligentia* » qui signifie la faculté de comprendre et plus précisément la capacité à lier des éléments entre eux. Elle est l'ensemble des capacités mental nous permettant de comprendre ce qui nous entoure, de découvrir des relations nous permettant d'aboutir à une connaissance conceptuelle et rationnelle celle-ci étant en opposition avec les sensations et émotion [1. 4].

La compréhension est l'aboutissement d'un système de codification diversifié qui, par la maîtrise du langage permet un raisonnement complexe qui nous aide à établir des relations entre éléments. C'est également la définition de la faculté d'adaptation, nous laissant gérer de nouvelles situations et aussi gérer notre capacité à traiter les informations pour atteindre un objectif.

Afin d'atteindre ces l'objectifs, l'intelligence fera intervenir plusieurs facultés cognitives qui sont basées sur notre connaissance du cerveau humain, et inspirées de ces processus cognitifs [1. 4].

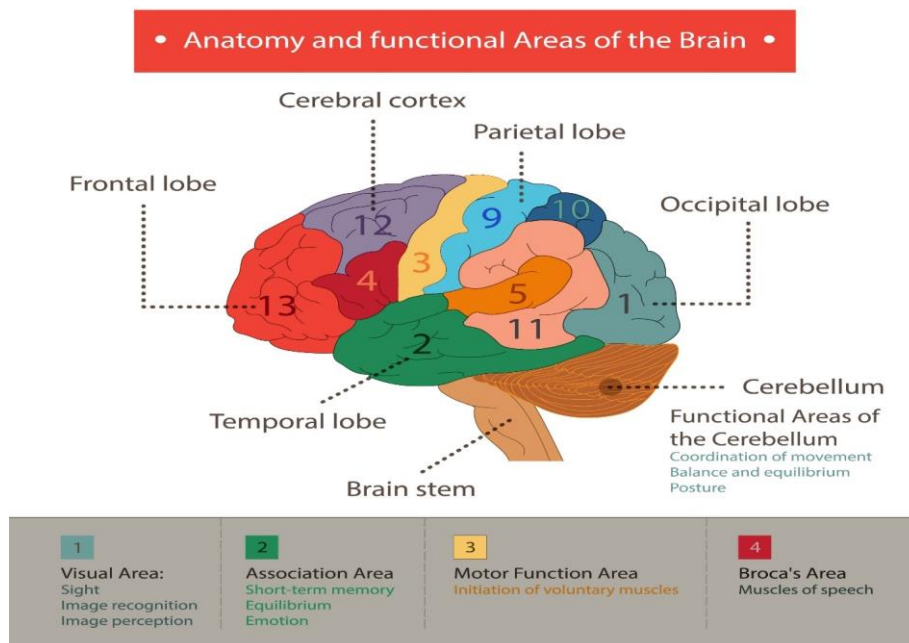


Figure 1.3: Zones cognitives

Cerebral cortex : Cortex cérébral, **Parietal lobe** : Lobe pariétal, **Frontal lobe** : Lobe Frontal, **Occipital lobe** :Lobe Occipital, **Temporal lobe** : Lobe Temporal, **Cerebellum** : Cervelet, **Brain stem** : Tronc cérébral

Les processus cognitifs: Les processus cognitifs sont les différents modes à travers lesquels un système traite l'information en y répondant par une action. Deux types de système capables de réaliser des processus cognitifs peuvent se distinguer :

- **Les systèmes naturels :** un neurone, un réseau de neurone, un cerveau (humain ou animal), un groupe d'individus (poissons, fourmis), etc.
- **Les systèmes artificiels :** réseau de neurones artificiels, système expert, etc.

Le traitement de l'information se définit comme étant le processus par lequel l'information perçue est analysée et intégrée dans la structure de connaissances de la personne [1.5].

Les processus cognitifs sont [1.5] :

- Perception - Attention - Sensation
- Mémoire - Représentation - Langage
- Raisonnement - Catégorisation - Prise de décision - reconnaissance

Définir l'intelligence artificielle, du point de vue scientifique de la théorie de l'automatique, n'est pas une chose facile. Depuis ses origines comme domaine de recherche spécifique, au milieu du XXe siècle, elle a toujours constitué une frontière, incessamment repoussée. L'intelligence artificielle désigne en effet moins un champ de recherche bien défini qu'un programme, fondé autour d'un objectif ambitieux : comprendre comment fonctionne la cognition humaine et la reproduire ; créer des processus cognitifs comparables à ceux de l'être humain [1.6].

Marvin Lee Minsky, l'un des précurseurs de la discipline définit l'intelligence artificielle comme « la construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que : l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique ».

Les définitions les plus acceptées dans la littérature du domaine peuvent être les suivantes :

Définition 1 : On peut résumer l'intelligence artificielle (IA) à un ensemble d'**algorithmes** qui traite un ensemble d'informations ou de données, relatives à des tâches, de manière semblable ou identique à celle qu'adopterait un être humain pour prendre une décision ou résoudre un problème.

Définition 2 : Un système intelligent est par conséquent un système doté d'une intelligence artificielle [1.7].

Deux parties se distinguent dans un système intelligent :

- Une partie matérielle composée essentiellement d'un matériel électronique (cartes électroniques programmables, ordinateurs, ...).
- Une partie informatique composée essentiellement de programmes capables de traiter des informations de différents types.

Ainsi l'IA vient au carrefour de plusieurs disciplines : informatique, mathématique (logique, optimisation, analyse, probabilités, algèbre linéaire), sciences cognitives... sans oublier les connaissances spécialisées des domaines auxquelles on souhaite l'appliquer. Les algorithmes qui la sous-tendent reposent sur des approches tout aussi variées : analyse sémantique, représentation symbolique, apprentissage statistique ou exploratoire, réseaux de neurones, etc...

En d'autres termes, une intelligence artificielle est avant tout un programme informatique visant à effectuer, au moins aussi bien que des humains, des tâches nécessitant un certain niveau d'intelligence. L'horizon à atteindre concerne donc potentiellement l'ensemble des champs de l'activité humaine : déplacement, apprentissage, raisonnement, socialisation, créativité, etc. Les promesses non tenues des débuts de l'IA ont amené à distinguer d'une part les machines qui non seulement mettraient en œuvre des raisonnements semblables aux raisonnements humains, mais auraient également une réelle conscience d'elles-mêmes : c'est ce qu'on appelle l'intelligence artificielle forte ; d'autre part les machines qui rendent

de nombreux services aux humains en simulant l'intelligence humaine : c'est l'intelligence artificielle faible [1.7].

- **L'IA Faible "descendante"** : Le but est de faire un système autonome par le biais d'algorithmes de résolution de problèmes. Contrairement à l'IA forte, l'IA faible n'est pas « intelligente », c'est juste une **simulation d'intelligence**. La machine fait croire qu'elle comprend alors que ce n'est pas le cas.
- **L'IA Forte "ascendante"** : Lorsque l'on emploie le terme "Intelligence Artificielle forte", on fait référence à une machine "intelligente" ayant donc un comportement intelligent mais qui soit également capable d'**éprouver une conscience** et /ou des sentiments. [1.8]



Figure 1.4 : IA Faible IA Forte

Autres définitions de systèmes intelligents:

- **Des systèmes qui pensent comme les humains** : La tentative nouvelle et passionnante d'amener les ordinateurs à penser, d'en faire des Machines dotées d'un esprit au sens le plus littéral. L'automatisation d'activités que nous associons à la pensée humaine, des activités telles que la prise de décision, la résolution de problèmes, l'apprentissage, ..., etc.

- **Des systèmes qui agissent comme les humains** : L'art de créer des machines capables de prendre en charge des fonctions exigeant de l'intelligence quand elles sont réalisées par des personnes. L'étude des moyens à mettre en œuvre pour faire en sorte que des ordinateurs accomplissent des choses pour lesquelles il est préférable de recourir à des personnes pour le moment.
- **Des systèmes qui pensent rationnellement** : L'étude des facultés mentales grâce à des modèles informatiques. L'étude des moyens informatiques qui rendent possible la perception, le raisonnement et l'action.
- **Des systèmes qui agissent rationnellement** : L'intelligence artificielle " computationnel intelligence " est l'étude de la conception d'agents intelligents [1.9].

1.3. Une brève histoire de l'intelligence artificielle et de ses acteurs principaux

De tout temps, les humains ont créé des technologies pour se soulager des tâches quotidiennes. Le point d'évolution de l'humanité se produit lorsque l'humain maîtrise le feu : les aliments cuits sont plus faciles à digérer. Il y a besoin de moins de neurones dans notre cerveau bas, celui qui gère la digestion, et donc l'énergie disponible permet d'accroître notre cerveau haut. Ainsi l'être humain se trouve en haut de la chaîne alimentaire et devient libre de créer. Pour rester en haut de cette chaîne alimentaire, l'humain construit des outils qui ont un impact sur le développement de l'humanité. « La main forge l'outil et l'outil change l'homme », résumait ainsi l'ethnologue et historien André Leroi-Gourhan.

a) L'histoire ancienne

L'humain a bien sûr fabriqué des outils pour multiplier la puissance de la force humaine. Dans l'Antiquité, les ingénieuses machines d'Archimède surpassaient tout ce que le muscle humain pouvait accomplir et, en l'an 150 de notre ère, à Alexandrie, une machine à vapeur ouvrait seule la porte d'un temple. Par ailleurs, l'humain a aussi très tôt développé des outils pour se soulager des tâches intellectuelles. Ainsi, la machine d'Anticythère, deux siècles environ avant Jésus-Christ, permettait de faire des calculs astronomiques sophistiqués, incluant des prédictions d'éclipses, tandis qu'au premier siècle de notre ère Héron d'Alexandrie inventait la première « machine à sous », qui distribuait une quantité précisée

d'eau bénite lorsqu'on y introduisait une pièce et fonctionnait grâce à une mécanique mue par l'eau selon le principe des boucles de rétroaction. Ces exemples montrent qu'il y a plus de deux mille ans, les principes de l'automatisme et de la systémique, qui sont les bases de l'informatique et de l'intelligence artificielle, étaient non seulement posés, mais donnaient lieu à la fabrication de leurs objets. Les premiers ordinateurs n'étaient pas si éloignés des machines de l'Antiquité. La grande différence est la capacité de réaliser des opérations logiques intégrant le « et » et le « ou », grâce aux transistors. Ensuite, la miniaturisation a permis d'augmenter le nombre de composants élémentaires par surface, donc de passer à des calculs plus complexes. Si la technologie change, le désir de reproduire, voire de surpasser le raisonnement humain reste une constante dans l'histoire de l'humanité.

b) Des années 1950 à aujourd'hui

En 1952, Alan Turing, l'un des fondateurs de l'informatique, avait déjà réalisé un programme de jeu d'échecs, proche des systèmes experts actuels. Il fallait une demi-heure pour que la machine propose chaque coup. En 1956, le séminaire de Darmouth a réuni pendant dix semaines des scientifiques de très haut rang pour définir l'intelligence artificielle. Parmi eux se trouvaient John McCarthy, Marvin Minsky (cofondateur du laboratoire d'intelligence artificielle au MIT, père des réseaux de neurones), Herbert Simon (prix Nobel d'économie 1978, inventeur de la rationalité limitée) et Claude Shannon (inventeur de la théorie de l'information). L'un des objectifs fondamentaux de ce séminaire était de comprendre ce qu'était l'intelligence, au travers d'outils informatiques, avec un autre langage que celui des êtres humains. Il fut la base de nombreux travaux théoriques et pratiques, comme l'invention de langages de programmation orientés vers l'intelligence artificielle. Cette compréhension de l'intelligence que souhaitaient appréhender les participants du séminaire se retrouve dans les mots de Hiroshi Ishiguro (voir photo), l'un des grands chercheurs sur les robots humanoïdes à l'université d'Osaka : « Je construis des robots pour comprendre ce qu'est la conscience 9 . » D'ailleurs, il est encore plus difficile de définir la conscience que l'intelligence, d'où l'idée intéressante de construire des machines encore plus perfectionnées que les ordinateurs pour interroger la conscience[1.10].

1.4. Test de turing

Le but de l'intelligence artificielle est de tenter d'imiter l'intelligence humaine. Pour tester l'efficacité d'une IA, en 1950 Alan Turing a mis au point un test qui fonctionne comme suit.

- Isoler un examinateur humain de deux agents (un agent est ici une personne ou un ordinateur qui va répondre aux questions de l'examineur) spécialisés dans un domaine.
- Un des deux agents est un agent informatique, une intelligence artificielle.
- L'autre agent est une personne experte dans le domaine.
- L'examineur va poser des questions à distance sur le domaine pour lequel les agents sont spécialisés et selon le formalisme défini.
- Le test est validé si à la fin de l'examen, l'examineur ne peut décider lequel des deux agents est l'humain ou l'intelligence artificielle.

Il y a de nombreux facteurs qui peuvent influencer les résultats du test de Turing, l'un des plus importants c'est l'interaction avec l'utilisateur.

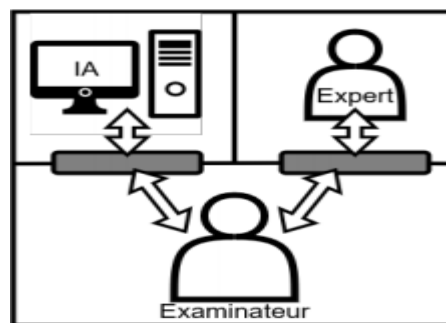


Figure 1.5 : Test de Turing

Il est possible de simplifier le test de Turing. Si l'examineur « confond » une intelligence artificielle avec un être humain, le test est alors réussi. D'une manière encore plus simplifiée, si on attribue à une IA un trait de caractère typiquement humain (des émotions, une raison...), on peut assumer que ce test simplifié est réussi.

1.5. Quelques algorithmes de classification et d'apprentissage

Nous présentons dans ce qui suit les algorithmes de base utilisés dans les procédures d'application de l'intelligence artificielle. Evidemment, il existe une variété très large d'algorithmes se basant sur l'exploitation de la théorie des réseaux de neurones ou de la théorie de la logique floue ou une combinaison de ces deux théories. Le concept de base de tous ces algorithmes est de faire la différence entre deux objets afin de les classer dans deux classes différentes.

La notion la plus simple est celle de la distance. Si la distance entre deux objets est minimale (très petite voir même nulle) alors les deux objets appartiennent à la même classe. Dans le cas contraire les deux objets appartiennent à deux classes différentes.

Le choix d'un seuil qui permet la séparation des deux classes se fait par apprentissage, autrement dit par un ensemble d'essais. Il arrive parfois qu'on aboutisse à un mauvais classement ou à un chevauchement des deux classes. Dans ces conditions, l'utilisation de différents algorithmes est nécessaire.

a)-Distance de Mahalanobis [1.12]

La distance de Mahalanobis est une mesure de la distance entre un point P et la distribution D, introduite par **PC Mahalanobis** en 1936.

$$D_M = [(\mu_1 - \mu_2)^T Q^{-1} (\mu_1 - \mu_2)]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Où μ_1 et μ_2 sont les valeurs moyennes de la forme 1 et 2. La matrice Q représente la covariance des deux formes, elle est donnée par :

$$Q = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_1)(y_i - \mu_2) \quad (2)$$

b)-Distance de Bhattacharyya [1.13]

La distance de Bhattacharyya mesure la similitude des deux distributions de probabilité. Il est étroitement lié au coefficient Bhattacharyya qui est une mesure de la quantité de chevauchement entre les deux statistiques des échantillons ou des populations. Les deux mesures sont nommées d'après **Anil Kumar Bhattacharyya** en 1930.

$$D_B = \frac{1}{8} (\mu_1 - \mu_2)^T \left[\frac{Q_1 + Q_2}{2} \right]^{-1} (\mu_1 - \mu_2) + \frac{1}{2} \ln \left\{ \frac{\det \frac{Q_1 + Q_2}{2}}{[\det Q_1 \cdot \det Q_2]^{\frac{1}{2}}} \right\} \quad (3)$$

c)-Distance de Kendall [1.14]

Cette distance a été introduite pour établir une ressemblance qualitative au sens de l'ordre entre deux listes. Elle est définie comme suit : Soit $X_i = (x_{i1} \ x_{i2} \ x_{i3} \ \dots \ x_{in})^T$ et $X_j = (x_{j1} \ x_{j2} \ x_{j3} \ \dots \ x_{jn})^T$ deux formes.

La **distance de Kendall** est donnée par :

$$d(X_i, X_j) = 1 - \frac{2}{n(n-1)} \sum_{l < k} \Delta_{lk}^i \Delta_{lk}^j \quad (4)$$

Où Δ est un facteur de comparaison à calculer pour chacune des deux formes X_i et X_j comme suit :

$$\Delta_{lk}^i = \begin{cases} +1 & \text{si } x_{il} \succ x_{ik} \\ -1 & \text{si } x_{il} \prec x_{ik} \\ 0 & \text{si } x_{il} = x_{ik} \end{cases} \quad (5)$$

d)-Algorithme du maximum de vraisemblance pour l'apprentissage [1.14] :

On suppose que la décision $D_i(x)$ d'affecter la forme x à la classe C_i est donnée par :

$$D_i(x) \geq D_j(x) \quad \forall j \neq i, \forall x \in C_i.$$

Par application de la règle du maximum pour deux classes C_1 et C_2 la décision $D_i(x)$ prend

$$\text{la forme : } D_i(x) = x^T \Sigma_i^{-1} \mu_i - \frac{1}{2} \mu_i^T \Sigma_i^{-1} \mu_i \quad (6)$$

e)-Algorithme utilisant une fonction discriminante [1.14]:

Soit une forme $X_i = (x_{i1} \ x_{i2} \ x_{i3} \ \dots \ x_{in})^T$ et une classe (C_k), alors : $X_i \in C_k$ si $g_k(X_i) \succ g_j(X_i) \ \forall j \neq k$ (7)

Où $g_k(X_i)$ est la fonction discriminante pour la classe k et $g_j(X_i)$ la fonction discriminante de la classe j .

Le problème est comment déterminer la fonction discriminante $g(X)$?

La forme la plus simple pour la fonction discriminante est la forme linéaire qui se définit comme suit : $g(X) = w_0 + w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n = W^T Y$ (8)

Où W et Y sont les vecteurs étendus définis par $W^T = (w_0 \ w_1 \ \dots \ w_n)$ et $Y = (1 \ x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n)^T$.

Ils représentent respectivement la pondération ou poids affecté à chaque trait de la forme et leur évaluation

f)- Algorithme du perceptron [1.14]:

Le perceptron est la première machine automatique capable d'apprendre. Son principe est le suivant : Considérons le cas de deux classes C_1 et C_2 , et une fonction discriminante de type linéaire.

Supposons que la règle (décision) de classification d'une forme $X_i(Y)$ et la suivante :

$$\text{R\`egle : } \begin{array}{ll} \textit{Si} & W^T Y > 0 & \textit{Alors} & Y \in C_1 \\ \textit{Si} & W^T Y \leq 0 & \textit{Alors} & Y \in C_2 \end{array}$$

Cette règle est souvent appelée concept de « Puniton-Récompense ».

Dans le cas d'un apprentissage supervisé nous aurons :

Stimulus (Prototype connu)	Perception		Classification	Evolution des poids
	$W^T Y$	Décision		
$X(i) \in C_1$	≤ 0	C_2	Incorrecte	$W(i+1) = W(i) + CteX(i)$
$X(i) \in C_1$	> 0	C_1	Correcte	$W(i+1) = W(i)$
$X(i) \in C_2$	≥ 0	C_1	Incorrecte	$W(i+1) = W(i) - CteX(i)$
$X(i) \in C_2$	< 0	C_2	Correcte	$W(i+1) = W(i)$

g)-Algorithme du gradient [1.14]:

Cet algorithme a pour objectif de déterminer le vecteur de pondération de la fonction discriminante à chaque itération comme suit :

Donc l'algorithme d'évolution du vecteur de pondération devient :

$$W(i+1) = W(i) - \lambda \frac{W^T(i)\eta(i)}{\|\eta(i)\|^2} \cdot \eta(i) \quad \textit{si} \quad W^T \eta \leq 0 \quad (9)$$

$$\textit{Avec} \quad \eta = \begin{cases} +Y & \textit{si} \quad Y \in C_1 \\ -Y & \textit{si} \quad Y \in C_2 \end{cases}$$

1.4. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons parlé de manière générale sur les Principes et concepts de base de l'intelligence artificielle qui devient le phénomène du siècle dernier.

Après, on a donné quelques définitions et algorithmes de l'IA et un bref historique de ce dernier.

Chapitre II : Rôle des éléments minéraux dans la santé des personnes

2.1. Introduction

Ces dernières années plusieurs eaux minérales sont proposées sur le marché Algérien. Le consommateur a l'embarras du choix face à cette offre. Le problème qui se pose au consommateur est quelle eau minérale faut-il choisir en fonction de son état de santé. L'état de santé de la population peut être, par exemple, classé en : personnes âgées (PA), femmes enceintes (FE), enfants en bas âge (EBA), personne en état de convalescence (PEC), personne hypertendues (PHT), personnes diabétiques (PDA), ..., etc. Chaque catégorie de personne a besoin ou au contraire n'a pas besoin pour sa santé d'une certaine concentration en éléments minéraux dans la composition de l'eau qu'elle consomme. Il s'agit donc de classer les eaux minérales existantes par catégorie de personnes de façon à répondre à la question suivante : Quel type d'eau minérale convient pour telle ou telle catégorie de personne en fonction de leur état de santé? .

Dans ce qui suit on va commencer par donner une liste des eaux minérales distribuées en Algérie et plus particulièrement dans la région de la wilaya d'Annaba.

2.2. Données minérales sur les eaux existantes sur le marché

Le marché de l'eau minérale en Algérie est en constante progression. L'Algérie produit chaque année 1,5 milliard de litres d'eau minérale. Cinq marques se partagent 70 % des parts de marché. Il s'agit des marques : Ifri, Saida, Lalla Khedidja, Guedila et Nestlé. L'Algérie couvre 98% de ses besoins dans les boissons gazeuses, les jus et l'eau. Les marques produites et distribuées sont composées de 17 eaux de source dont une est gazéifiée, Cordial et 20 marques d'eau minérale naturelle dont deux sont gazeuses Mouzaïa et Ben Haroun.

Plus de 40 marques d'eau minérale sont commercialisées sur le marché algérien, dont les eaux de source Bourached, Alma, Ayris, Dhaya, Ifren, Lejdar, Manbaâ El Ghezlane, Nestlé Vie Pure, Qni Aa, Sfid, Sidi Rached, Fezguia, Mont Djurdjura, Cordial, Mileza, Togi.

Chapitre 2 : Rôle des éléments minéraux dans la santé des personnes

Les eaux minérales naturelles comme Thevest, Aïn Bouglez, Djemila, Guedila, Ifri, Lalla Khedidja, Misserghine, Saïda, Sidi Okba, Sidi Yakoub-TeXenna, Toudja, Ben Haroun, Batna, El Goléa, Mansourah, Milok, Youkous, Aïn Souda, Mouzaïa, Alma, Hammamet, N'Gaous [2.1].



Figure 2.1: Quelques eaux minérales produites et distribuées en Algérie

Le tableau suivant donne les informations prélevées sur les fiches techniques des bouteilles des eaux minérales.

Chapitre 2 : Rôle des éléments minéraux dans la santé des personnes

Tableau 1 : Données brutes prélevées sur les fiches techniques

Composé	Besbassa (Guelma)	Ifri (Béjaia)	Elma (Béjaia)	Guedila (Biskra)	L Khedidja (Djurjura)	Ayris (Béjaia)
Calcium	54.16	81.00	103.00	77.11	53.00	65.60
Magnésium	02.64	24.00	34.00	39.56	07.00	06.80
Potassium	02.00	02.10	01.50	01.03	00.54	01.90
Sodium	05.00	15.80	26.00	24.01	05.50	28.50
Bicarbonates	164.70	265.00	290.00	-----	160.00	234.24
Sulfates	04.00	53.00	75.00	125.00	07.00	75.00
Chlorures	10.00	72.00	80.00	42.00	11.00	37.00
Nitrates	09.00	15.00	Inf. 50	04.73	00.42	02.70
Nitrites	00.01	00.02	00.00	00.00	00.00	00.01
Silice	-----	-----	06.50	-----	-----	-----
Résidus secs	206.00	380.00	389.00	495.00	187.00	276.00
PH	7.29	7.2	7.4	7.74	7.22	7.78

Tableau 2 : Données brutes prélevées sur les fiches techniques

Composé (mg/l)	Sidi Rached (Djurjura)	Saida (Saida)	ElGoléa (Ghardaia)	Manbaa (Biskra)	Qniaa (Béjaia)
Calcium (Ca)	134.38	68.00	24.00	67.52	111.66
Magnésium(Mg)	06.69	50.00	07.00	36.33	26.97
Potassium	02.45	02.00	-----	0.98	02.48
Sodium (Na)	29.21	58.00	28.00	19.01	48.22
Fluorure (F)	-----	-----	0.3	1.05	-----
Bicarbonates	235.00	376.00	-----	231.80	259.02
Sulfates (SO4)	139.00	65.00	36.00	92.00	66.66
Chlorures (Cl)	50.00	81.00	20.00	44.00	92.12
Nitrates(NO3)	21.80	-----	2.40	04.28	12.39
Nitrites (NO2)	00.00	-----	-----	00.00	00.01

Chapitre 2 : Rôle des éléments minéraux dans la santé des personnes

Silice	-----	-----	----	-----	-----
Résidus secs	-----	78.00	180.00	451.00	602.00
PH	7.39	7.5	7.4	7.60	7.24

2.3. Données à traiter par différents algorithmes

Données prélevées sur les fiches techniques des eaux minérales distribuées dans la région de Annaba (Les eaux minérales sont ici classées par ordre alphabétique).

EA/EM	Ca	Mg	P	Na	SO4	Cl	NO3	PH
Ayris (Béjaia)	65.60	06.80	01.90	28.50	75.00	37.00	02.70	7.78
Besbassa (Guelma)	54.16	02.64	02.00	05.00	04.00	10.00	09.00	7.29
Elma (Béjaia)	103.00	34.00	01.50	26.00	75.00	80.00	0.50	7.4
Guedila (Biskra)	77.11	39.56	01.03	24.01	125.00	42.00	04.73	7.74
Goléa (Ghardaia)	24.00	07.00	00.00	28.00	36.00	20.00	2.40	7.4
Ifri (Béjaia)	81.00	24.00	02.10	15.80	53.00	72.00	15.00	7.2
Khedidja (Tizi-O)	53.00	07.00	00.54	05.50	07.00	11.00	00.42	7.22
Manbaa (Biskra)	67.52	36.33	0.98	19.01	92.00	44.00	04.28	7.60
Qniaa (Béjaia)	111.66	26.97	02.48	48.22	66.66	92.12	12.39	7.24
Saida (Saida)	68.00	50.00	02.00	58.00	65.00	81.00	----	7.5
SidiRached (Djurj.)	134.38	06.69	02.45	29.21	139.00	50.00	21.80	7.39

Notation: **Ca** : Calcium, **Mg** : Magnésium, **P** : Potassium, **Na** : Sodium, **SO4** : Sulfates, **Cl** : Chlorures, **NO3** : Nitrates, **R.S.** : Résidus secs, **PH** : PH. [2.2]

2.4. Les effets des éléments minéraux sur la santé humaine

L'eau est l'élément principal et essentiel (élixir) de vie par excellence, parce qu'elle est remplie de sels minéraux et d'oligo-éléments (éléments rares), substances fondamentales dans notre métabolisme mais trop peu présente dans notre alimentation.

Les sels minéraux sont des éléments chimiques que l'on trouve dans la nature sous forme de minéraux et de cristaux tels que le Phosphore, Soufre, Sodium, Potassium, Calcium, et le Magnésium. Ils sont indispensables à notre organisme, car ils fonctionnent par interaction, la carence de l'un peut rendre les autres toxiques [2.3].

Une vingtaine d'éléments minéraux présentent un caractère essentiel pour l'Homme. Ils sont généralement classés en deux catégories : les éléments minéraux majeurs ou macroéléments et les oligoéléments ou éléments rares. Les éléments minéraux se caractérisent par une très grande diversité, pondérale et fonctionnelle. Les quantités dans l'organisme sont très variables : près de 1 kg pour le calcium et le phosphore, quelques grammes pour les oligoéléments les plus abondants comme le fer, le zinc et le fluor et moins de 1 mg pour le chrome et le cobalt. Excepté l'iode, le fluor et le cobalt, tous les autres éléments minéraux exercent des rôles multiples dans l'organisme. Ils interviennent dans une large gamme de fonctions comme la minéralisation, le contrôle de l'équilibre en eau, les systèmes musculaires, nerveux et immunitaires [2.4].

Le magnésium (Mg) : Le magnésium est un élément minéral indispensable. Il est impliqué dans la libération d'énergie, la diminution de la fatigue et dans le bon fonctionnement du système nerveux et des muscles. Il est important pour les fonctions métaboliques et pour les activités musculaires et nerveuses. Enfin, il joue un rôle fondamental dans la formation des os et de dents solides.

Le magnésium est un activateur de certaines réactions chimiques qui se passent dans l'organisme. Il intervient dans beaucoup de systèmes différents, notamment dans la production d'énergie et à la transmission des messages nerveux. Il joue un rôle important dans les échanges entre les cellules et leur milieu. Il intervient à plusieurs niveaux dans les mécanismes immunitaires, les réactions inflammatoires et les allergies. Il semblerait que le magnésium agisse aussi contre le vieillissement en diminuant les dommages provoqués par

Les radicaux libres. L'alimentation actuelle ne procurant pas toujours la quantité journalière suffisante, une consommation régulière d'eau riche en magnésium est conseillée aux **femmes enceintes** dont les besoins sont multipliés par deux et par conséquent elles nécessitent un apport plus important en magnésium, ceux des **nourrissons** et des **enfants** par trois. Par ailleurs certaines pathologies comme les maladies rénales, les diarrhées prolongées ou la prise de diurétiques nécessitent un apport accru en magnésium pour compenser l'augmentation des pertes. Les **personnes âgées** (contre le vieillissement) se trouvent dans ce cas.

Les signes de carence en magnésium sont nombreux et variés: tension musculaire, insomnie, difficulté de concentration, crampes, tension nerveuse, baisse d'énergie, faiblesse immunitaire, tremblements, palpitations.

Le calcium (Ca) : Le calcium est l'un des éléments les plus communs sur terre. Il est essentiel pour notre corps, pour la formation des dents et des os (la croissance osseuse), il est le véritable ciment des os. Il est aussi nécessaire à la coagulation du sang et pour le bon fonctionnement du système nerveux (conduction nerveuse). Les besoins quotidiens sont très importants, surtout chez les **bébés** et les **enfants** ainsi que pour **les femmes enceintes** et les **personnes âgées** pour lesquelles, il contribue à la prévention de l'ostéoporose.

Le sodium (Na) : Le sodium est un élément minéral majeur indispensable à la vie, au même titre que le potassium, le chlore ou le calcium. Il est indispensable à la transmission de l'influx nerveux et à la contraction musculaire. Sa concentration dans le sang et le liquide interstitiel conditionne la quantité d'eau présente dans les cellules et le volume sanguin.

Chez les personnes sensibles à l'apport de sel, l'excès de sodium peut augmenter le volume sanguin et ainsi favoriser la survenue d'une hypertension artérielle. Quand il est consommé en trop grande quantité, le sodium a des répercussions importantes sur le système cardiovasculaire (il est **déconseillé** pour les **personnes âgées**). En cas d'hypertension, mieux vaut consommer des eaux pauvres en sodium.

Le potassium (P) : Le potassium se présente sous la forme de cation intracellulaire monovalent. Il joue un rôle majeur dans notre organisme. Il est important dans la formation du squelette et surtout dans la contraction musculaire, en particulier dans le fonctionnement du muscle cardiaque. Le potassium, seul, permet la transmission d'impulsions nerveuses, la contraction musculaire, le bon fonctionnement de la fonction rénale. Ce minéral occupe ainsi une place essentielle au sein de notre organisme.

Il est conseillé pour les **personnes malades ou en convalescence** qui ont des paralysies musculaires ou des troubles du rythme cardiaque (les **personnes âgées**).

Les besoins journaliers sont assez faibles et généralement couverts par une alimentation équilibrée, mais une baisse ou une augmentation dans le sang peut avoir des répercussions importantes sur la santé. Le potassium agit en collaboration avec le sodium. Tous deux sont chargés de maintenir l'équilibre acido-basique du corps et des fluides. Une diminution en potassium coïncide généralement avec une augmentation de sodium.

L'Hydrogénocarbonate (le bicarbonate) : Le bicarbonate dans l'eau provient de la dissolution du gaz carbonique dans les sources naturelles. Il réduit l'acidité (gastrique) dans le corps humain et il permet d'assurer au sang un pH stable. Par conséquent il est conseillé pour les **personnes âgées** à des proportions raisonnables. Après un effort ou en cas de digestion difficile, il aide à récupérer rapidement.

La concentration de potassium est assez faible dans la plupart des eaux minérales.

Les chlorures (Cl) : Le chlorure est un constituant important des liquides organiques. Dans les eaux souterraines, leur concentration dépend des roches traversées. Les sols pollués par l'industrie chimique sont très riches en chlorures. Il constitue un facteur important pour équilibrer les quantités d'eau à l'intérieur et à l'extérieur des cellules du corps humain.

Il est impliqué dans la régulation du pH (niveau d'acidité) sanguin. Au niveau de l'estomac, il sert à fabriquer de l'acide chlorhydrique, constituant du suc gastrique, qui participe à la digestion des aliments. L'apport journalier recommandé est de 1 g par jour, un besoin largement couvert par une alimentation équilibrée.

Une carence en chlore peut provoquer des crampes musculaires et une grande fatigue. Il est conseillé pour les **personnes malades ou en convalescence** et les **nourrissons** et les **bébés** car il a un effet stimulant sur la croissance [2.5].

Les sulfates (SO₄) : Les sulfates peuvent être trouvés dans presque toutes les eaux naturelles, et ils permettent de fabriquer les protéines, ces molécules qui construisent l'organisme. Les sulfates contenus dans l'eau souterraine sont fournis par la dissolution du gypse. Ils représentent la source majeure de soufre, un composant essentiel de nombreuses protéines de la peau, des ongles, des cheveux, et des hormones comme l'insuline, autrement dit la croissance en général, et donc indispensables pour **les nourrissons et les bébés** à des doses raisonnables car ils peuvent interférer avec l'adsorption de calcium et l'inhiber).

Ils entrent également dans la composition de certaines vitamines, du cartilage, des tendons et des os. Par ailleurs, les sulfates accélèrent le transit intestinal, notre corps en contient au moyen entre 350 et 480 mg.

Les nitrates (NO₃) : Les nitrates sont des composés chimiques naturellement présents dans l'environnement, notamment dans les eaux et dans les sols. Le nitrate est l'un des polluants les plus fréquents des eaux souterraines en milieu rural. Il nécessite d'être régulé dans l'eau potable parce que des niveaux excessifs peuvent causer la méthémoglobinémie, chez les **nourrissons** de moins de six mois et augmentent le risque de cancer par la présence des nitrosamines dans l'organisme.

Le nitrate en lui-même n'est pas toxique. Sa toxicité vient de la chaîne de réaction qu'il subit dans l'organisme. Le nitrate est réduit par des enzymes en nitrite. Celui-ci peut oxyder l'hémoglobine en méthémoglobine, qui ne peut plus absorber d'oxygène. La limite réglementaire de présence de nitrates dans l'eau est de 50 mg/L. Pour les nourrissons, certains pédiatres préconisent une limite à 15 mg/L.

Certaines eaux minérales garantissent une teneur nulle en nitrates [2.5].

Fluorure (F) : De petites quantités de fluor sont naturellement présentes dans l'eau, l'air, les plantes, les animaux. De ce fait l'être humain est exposé au fluor par l'intermédiaire de la nourriture, de l'eau qu'il boit et de l'air qu'il respire. Le fluor peut se trouver dans n'importe quel type de nourriture dans des quantités relativement faible. On trouve des quantités plus importantes de fluor dans le thé et les crustacés.

Le fluor est essentiel pour maintenir la solidité de nos os. Il peut aussi nous protéger contre les caries dentaires, lorsqu'on l'utilise sous forme de dentifrice deux fois par jour.

Si on absorbe du fluor trop fréquemment, il peut causer de l'ostéoporose et des caries, il peut endommager les reins, les os, les nerfs et les muscles.

Ce gaz est très dangereux, à des concentrations très élevés il peut entraîner la mort. En faibles concentrations, il provoque des irritations aux yeux et au nez[2.6].

2.5. Classification préliminaire

L'affectation d'une ou plusieurs types d'eaux s'effectuera d'une manière automatique en utilisant différents algorithmes d'apprentissage.

On a déduit les points suivants :

- **Magnesium (Mg)**: Il donne l'énergie, il est très conseillé pour les **nourrissons et enfants**, les **femmes enceintes** et les **personnes âgées**.
- **Calcium (Ca)**: Il représente le véritable ciment des os, donc il est très conseillé pour les **nourrissons et les bébés**, pour les **femmes enceintes** et pour les **personnes âgées**.
- **Sodium (Na)**: Il est **déconseillé** pour les **personnes âgées**.
- **Potassium (P)**: Il est conseillé pour les **personnes malades ou en convalescence** ainsi les **personnes âgées** qui ont des paralysies musculaires ou des troubles du rythme cardiaque.
- **Hydrogénocarbonate (le bicarbonate)**: Il est conseillé pour les **personnes sportifs** ou **personnes âgées** son effet consiste à diminuer l'acidité de l'organisme liée à la production d'acide lactique.
- **Les Chlorures (Cl)**: Ils sont conseillés pour les **personnes malades ou en convalescence** et aussi pour les **nourrissons et bébés** grâce à leur effet stimulant sur la croissance.
- **Sulfates (SO₄)**: Ils sont conseillés pour les personnes qui ont la maladie d'un ralentissement de la pousse des cheveux et des ongles. Ils sont **déconseillés** pour les **bébés et les nourrissons** (les sulfates peuvent interférer avec l'adsorption de calcium et l'inhiber).

Chapitre 2 : Rôle des éléments minéraux dans la santé des personnes

- **Nitrates (NO₃):** Ils sont déconseillés pour les **nourrissons** (un niveau excessif dans l'eau potable peut causer la méthémoglobinémie). Ils sont déconseillés pour les gens qui ont un cancer [2.7]

D'après les recherches et le point précédent on a vu les effets des éléments minéraux sur la santé, maintenant on va affecter un ensemble d'eaux minérales (qui contiennent les éléments minéraux) à des classes selon la santé de personnes, qu'on définit en classe comme suit :

Classe C1: Les nourrissons et les bébés

Classe C2: Les femmes enceintes ou allaitantes,

Classe C3: Les personnes malades ou en convalescence,

Classe C4: Les personnes âgées

EA/EM	Ca	Mg	P	Na	SO ₄	Cl	NO ₃
Nourrissons et Bébés	Oui	OUI	—	—	Non	Oui	Non
Femmes enceintes	Oui	OUI	—	—	—	—	—
Personnes Malades (Covalescence)	—	—	Oui	—	—	Oui	—
Personnes âgées	OUI	OUI	Oui	Non	—	—	—

2.6. Conclusion

Ce chapitre est consacré pour étudier le rôle des éléments minéraux dans la santé des personnes, et ses effets sur le corps. Pour bien classifier les eaux minérales selon l'état de santé du consommateur dans le chapitre 3.

Chapitre III : Algorithmes de traitement des données et Simulation

3.1. Introduction

Dans ce chapitre on va normaliser les données pour diminuer les irrégularités c'est-à-dire les grands écarts qui peuvent exister, ensuite regrouper les formes d'eaux minérales qui se ressemblent et enfin affecter chaque groupe à une catégorie de personne.

Pour cela on reprend les données sous la forme de tableau suivant:

Tableau 3.1: Données prélevées sur les fiches techniques des eaux minérales

EA/EM	Ca	Mg	P	Na	SO4	Cl	NO3	PH
Ayris (Béjaia)	65.60	06.80	01.90	28.50	75.00	37.00	02.70	7.78
Besbassa (Guelma)	54.16	02.64	02.00	05.00	04.00	10.00	09.00	7.29
Elma (Béjaia)	103.00	34.00	01.50	26.00	75.00	80.00	0.50	7.4
Guedila (Biskra)	77.11	39.56	01.03	24.01	125.00	42.00	04.73	7.74
Goléa (Ghardaia)	24.00	07.00	00.00	28.00	36.00	20.00	2.40	7.4
Ifri (Béjaia)	81.00	24.00	02.10	15.80	53.00	72.00	15.00	7.2
Khedidja (Tizi)	53.00	07.00	00.54	05.50	07.00	11.00	00.42	7.22
Manbaa (Biskra)	67.52	36.33	0.98	19.01	92.00	44.00	04.28	7.60
Qniaa (Béjaia)	111.66	26.97	02.48	48.22	66.66	92.12	12.39	7.24
Saida (Saida)	68.00	50.00	02.00	58.00	65.00	81.00	----	7.5
SidiRached (Djurj.)	134.38	06.69	02.45	29.21	139.00	50.00	21.80	7.39
EA/EM	Ca	Mg	P	Na	SO4	Cl	NO3	PH

Notation: **Ca** : Calcium, **Mg** : Magnésium, **P** : Potassium, **Na** : Sodium, **SO4** : Sulfates, **Cl** : Chlorures, **NO3** : Nitrates, **R.S.** : Résidus secs, **PH** : PH.

Remarque: Les eaux minérales sont ici classées par ordre alphabétique[3.1].

3.2. Normalisation des données

Pour cela il faut calculer la valeur moyenne, la variance et l'écart-type de chaque ligne du tableau (type d'eau) et dresser un autre tableau (Tableau 2) qui présentera ces informations.

La valeur moyenne est donnée par :

$$\mu_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (1)$$

La variance est donnée par :

$$\sigma_j^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_j)^2 \quad (2)$$

L'écart-type est donné par : $\sigma_j = \sqrt{\sigma_j^2}$

Tableau 3.2 : Valeurs caractéristiques des eaux minérales

EA/EM	μ	σ^2	σ
Ayris (Béjaia)	28.16	735.4242	27.1187
Besbassa (Guelma)	11.7612	264.1004	16.2511
Elma (Béjaia)	40.925	1390.5518	37.2901
Guedila (Biskra)	40.1475	1583.1491	39.7888
Goléa (Ghardaia)	15.6	121.91	11.0412
Ifri (Béjaia)	33.7625	817.7048	28.5955
Khedidja (Tizi)	11.46	257.5242	16.0475
Manbaa (Biskra)	33.965	936.0335	30.5946
Qniaa (Béjaia)	45.9675	1469.7683	38.3375
Saida (Saida)	41.4375	735.0815	27.1123
SidiRached (Djurj.)	48.865	2776.3141	52.6907
EA/EM			

La normalisation des données consiste à calculer pour chaque valeur du tableau 1 une nouvelle valeur (valeur normalisée) comme suit:

$$\hat{x}_i = \frac{x_i - \mu_j}{\sigma_j} \quad (3)$$

Ensuite dresser un nouveau tableau des valeurs normalisées (Tableau 3).

Tableau 3.3: Données normalisées des eaux minérales

EA/EM	Ca	Mg	P	Na	SO4	Cl	NO3	PH
Ayris (Béjaia)	1.3805	-0.7876	-0.9683	0.0125	1.7272	0.3259	-0.9388	-0.7515
Besbassa (Guelma)	2.6089	-0.5612	-0.6006	-0.4160	-0.4775	-0.1083	-0.1699	-0.2751
Elma (Béjaia)	1.6646	-0.1857	-1.0572	-0.4002	0.9137	1.0478	-1.0840	-0.8990
Guedila (Biskra)	0.9289	-0.0147	-0.9831	-0.4055	2.1325	0.0465	-0.8901	-0.8144
Goléa (Ghardaia)	0.7607	-0.7789	-1.4128	1.1230	1.8476	0.3985	-1.1955	-0.7426
Ifri (Béjaia)	1.6519	-0.3413	-1.1072	-0.6281	0.6727	1.3371	-0.6561	-0.9289
Khedidja (Tizi)	2.5885	-0.2779	-0.6804	-0.3713	-0.2779	-0.0286	-0.6879	-0.2642
Manbaa (Biskra)	1.0967	0.0773	-1.0781	-0.4888	1.8969	0.3279	-0.9702	-0.8617
Qniaa (Béjaia)	1.7135	-0.4955	-1.1343	0.0587	0.5397	1.2038	-0.8758	-1.0101
Saida (Saida)	0.9797	0.3158	-1.4545	0.6108	0.8690	1.4592	-----	-1.2517
SidiRached (Djurj.)	1.6229	-0.8004	-0.8808	-0.3730	1.7106	0.0215	-0.5136	-0.7871
EA/EM	Ca	Mg	P	Na	SO4	Cl	NO3	PH

3.3. Regroupement des eaux minérales par catégories

Dans ce paragraphe on essaie de regrouper les eaux minérales qui possèdent les mêmes caractéristiques par catégorie ou classe.

3.3.1. Regroupement par la distance de Manhattan [3.2]

$$d(X_i, X_j) = \sum_{k=1}^N |x_{ik} - x_{jk}| \quad (4)$$

Tableau 3.4: Tableau de similarité

	Xi1	Xi2	Xi3	Xi4	Xi5	Xi6	Xi7	Xi8	Xi9	Xi10	Xi11
Xi1	0	6.1352	3.2157	2.4536	2.6421	4.023	5.4872	2.0731	3.2243	6.0192	1.51
Xi2	6.1352	0	5.8775	6.6438	8.7421	5.6312	1.2364	6.8985	5.7397	8.4474	4.722
Xi3	3.2157	5.8775	0	3.4847	5.227	1.4343	4.7207	2.7946	1.744	4.4875	3.3655
Xi4	2.4536	6.6438	3.4847	0	3.9047	4.4952	5.4976	1.0825	4.8409	5.8726	2.4652
Xi5	2.6421	8.7421	5.227	3.9047	0	6.2247	8.0941	3.603	5.2794	5.6115	4.1521
Xi6	4.023	5.6312	1.4343	4.4952	6.2247	0	4.6964	3.7569	1.4969	4.2128	3.6074
Xi7	5.4872	1.2364	4.7207	5.4976	8.0941	4.6964	0	5.7733	4.9603	8.2688	4.426
Xi8	2.0731	6.8985	2.7946	1.0825	3.603	3.7569	5.7733	0	4.2692	5.3509	2.7409
Xi9	3.2243	5.7397	1.744	4.8409	5.2794	1.4969	4.9603	4.2692	0	4.1195	4.0191
Xi10	6.0192	8.4474	4.4875	5.8726	5.6115	4.2128	8.2688	5.3509	4.1195	0	6.5744
Xi11	1.51	4.722	3.3655	2.4652	4.1521	3.6074	4.426	2.7409	4.0191	6.5744	0

Les Xi représentent les différents types d'eaux minérales selon la représentation du tableau 3.1. C'est-à-dire que Xi1 représente l'eau minérale Ayris et ainsi de suite.

Les résultats obtenus ont des valeurs qui varient entre 1.08 et 8.74 on peut donc les répartir en trois catégories classes comme suit :

Catégorie 1 : La distance entre les eaux minérales i et j varie dans l'intervalle **[0.1 2.0]**

Catégorie 2 : La distance entre les eaux minérales i et j varie dans l'intervalle **[2.1 4.0]**

Catégorie 3 : La distance entre les eaux minérales i et j varie dans l'intervalle **[4.0 6.1]**

Il est à noter que cette répartition n'est qu'approximative et intuitive. Seule l'application de quelques algorithmes d'apprentissage permet la fixation des bornes des différents intervalles de variation des distances entre les différents types d'eaux minérales.

Il est à noter aussi qu'une distance très faible ou nulle, entre deux objets, veut dire que les deux objets représentent en fait un seul et même objet.

En appliquant ce concept simple, on peut ranger les eaux minérales comme suit :

Classe 1 : **Xi1 et Xi11; Xi2 et Xi7 ; Xi3 et Xi6 et Xi9; Xi4 et Xi8 ;**

Classe 2 : **Xi1 et Xi3 et Xi4 et Xi5 et Xi9 ; Xi3 et Xi4 et Xi8 et Xi11 ;
Xi1 et Xi3 et Xi4 et Xi5 et Xi11 ; Xi1 et Xi4 et Xi5 et Xi8 ;
Xi6 et Xi8 et Xi11 ; Xi1 et Xi3 et Xi5 et Xi6 et Xi8 et Xi11 ; Xi3 et Xi4 et Xi6 et Xi8 et Xi11.**

Classe 3 : **Xi1 et Xi2 et Xi6 et Xi7 et Xi10 ;
Xi1 et Xi2 et Xi3 et Xi4 et Xi5 et Xi6 et Xi8 et Xi9 et Xi10 et Xi11 ;
Xi2 et Xi3 et Xi5 et Xi7 et Xi10 ; Xi2 et Xi4 et Xi6 et Xi7 et Xi9 et Xi10 ;**

L'analyse des différentes classes montre qu'elles chevauchent fortement, autrement dit, il existe beaucoup d'éléments qui appartiennent aux trois classes et par conséquent il est très difficile de les séparer afin d'affecter un élément d'une classe quelconque à une classe de personne en fonction de son état de santé. Ceci est très caractéristique pour l'application pratique d'un algorithme d'intelligence artificielle. C'est pour cette raison qu'il est nécessaire de mettre en œuvre plusieurs algorithmes afin de prendre une décision fiable. De plus une base de donnée conséquente est indispensable pour exécuter les algorithmes d'apprentissage.

3.3.2. Regroupement par la distance d'Euclide [3.2]

$$d(X_i, X_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^N |x_{ik} - x_{jk}|^2} \quad (5)$$

Tableau 3.5: Tableau de similarité

	Xi1	Xi2	Xi3	Xi4	Xi5	Xi6	Xi7	Xi8	Xi9	Xi10	Xi11
Xi1	0	2.7832	1.3590	1.1068	1.3787	1.7171	2.5290	1.0648	1.5740	2.2638	0.7001
Xi2	2.7832	0	2.3955	3.3035	3.6640	2.3112	0.6354	3.1210	2.2608	3.2341	2.5089
Xi3	1.3590	2.3955	0	1.7632	2.2240	0.6361	2.0355	1.3781	0.7313	1.8361	1.5613
Xi4	1.1068	3.3035	1.7632	0	1.8538	2.1352	3.0126	0.4426	2.2361	2.4377	1.1965
Xi5	1.3787	3.6640	2.2240	1.8538	0	2.5947	3.3982	1.9048	2.1752	2.2982	1.9730
Xi6	1.7171	2.3112	0.6361	2.1352	2.5947	0	2.0835	1.7675	0.7683	1.7684	1.7822
Xi7	2.5290	0.6354	2.0355	3.0126	3.3982	2.0835	0	2.7959	1.9957	3.0792	2.3465
Xi8	1.0648	3.1210	1.3781	0.4426	1.9048	1.7675	2.7959	0	1.9109	2.2025	1.2009
Xi9	1.5740	2.2608	0.7313	2.2361	2.1752	0.7683	1.9957	1.9109	0	1.6134	1.8170
Xi10	2.2638	3.2341	1.8361	2.4377	2.2982	1.7684	3.0792	2.2025	1.6134	0	2.4923
Xi11	0.7001	2.5089	1.5613	1.1965	1.9730	1.7822	2.3465	1.2009	1.8170	2.4923	0

Dans le cas où on applique l'algorithme de distance d'Ecluse on voit que les variables obtenus ont des valeurs qui varient entre 0.44 et 3.66 on peut donc les répartir comme précédemment en trois catégories classes comme suit :

Catégorie 1 : La distance entre les eaux minérales i et j varie dans l'intervalle **[0.1 1.0]**

Catégorie 2 : La distance entre les eaux minérales i et j varie dans l'intervalle **[1.1 2.0]**

Catégorie 3 : La distance entre les eaux minérales i et j varie dans l'intervalle **[2.0 3.1]**

En appliquant ce concept simple, on peut ranger les eaux minérales comme suit :

Classe 1 : X_{i1} et X_{i11} ; X_{i2} et X_{i7} ; X_{i3} et X_{i6} et X_{i9} ; X_{i4} et X_{i8} ;

Classe 2 : X_{i1} et X_{i3} et X_{i4} et X_{i5} et X_{i9} ; X_{i3} et X_{i4} et X_{i8} et X_{i11} ;
 X_{i1} et X_{i3} et X_{i4} et X_{i5} et X_{i11} ; X_{i1} et X_{i4} et X_{i5} et X_{i8} ;
 X_{i6} et X_{i8} et X_{i11} ; X_{i1} et X_{i3} et X_{i5} et X_{i6} et X_{i8} et X_{i11} ; X_{i3} et X_{i4} et X_{i6} et X_{i8} et X_{i11} .

Classe 3 : X_{i1} et X_{i2} et X_{i6} et X_{i7} et X_{i10} ;
 X_{i1} et X_{i2} et X_{i3} et X_{i4} et X_{i5} et X_{i6} et X_{i8} et X_{i9} et X_{i10} et X_{i11} ;
 X_{i2} et X_{i3} et X_{i5} et X_{i7} et X_{i10} ; X_{i2} et X_{i4} et X_{i6} et X_{i7} et X_{i9} et X_{i10} ;

On a obtenu le même résultat dans le cas de regroupement par la distance de Manhattan, il existe beaucoup d'éléments qui appartiennent aux trois classes et par conséquent il est très difficile de les séparer afin d'affecter un élément d'une classe quelconque à une classe de personne en fonction de son état de santé.

3.5. Conclusion

Dans ce chapitre on a essayé de classer les eaux minérales selon trois classes en fonction de la variation de la notion de distance entre les différents types d'eaux et ceci d'une manière intuitive. Ces intervalles de variation de la distance retenue seront affinés si c'est nécessaire en utilisant quelques algorithmes d'apprentissage.

Conclusion générale

L'intelligence artificielle est un domaine qui ne cesse d'évoluer depuis déjà la moitié du 20ème siècle jusqu'à maintenant. Ce domaine n'est pas prêt de s'arrêter. Nous avons pu remarqué qu'il s'est développé dans de nombreux domaines (celui de la santé, de l'informatique, de l'industrie, la finance...). En conséquence, celui aujourd'hui est capable de réaliser de nombreuses choses comme opérer des patients, assembler des pièces pour aboutir à la construction d'automobiles...

Aujourd'hui, grâce à ses multiples utilisations, l'intelligence artificielle facilite notre quotidien en nous remplaçant dans des tâches pénibles, mais certains l'utilisent de manière détournée. Par exemple, Dans le domaine militaire cette intelligence pose de réel problème d'éthique car les robots créés sont certes semi-autonome (gérés par un humain) mais ils sont tout de même composés d'armes de guerres capables de tuer les hommes, alors que la principale visée de l'intelligence artificielle devrait être de favoriser l'humanité.

L'évolution rapide de l'informatique nous fait interroger sur le futur proche du principe de l'IA dans la société. Son importance est tellement grande qu'il en devient un enjeu majeur du 21ème siècle. Un bon nombre de personnes se demande si un jour l'intelligence artificielle dépassera la nôtre. Cependant, il est impossible d'imaginer actuellement que l'intelligence artificielle puisse dépasser l'intelligence humaine car celle-ci a été créée par les Hommes bien que nous pensons que si l'Homme continue de perfectionner le robot grâce aux nouvelles technologies l'intelligence artificielle pourrait bien nous dépasser un jour. On peut dire que l'intelligence artificielle a encore une longue vie devant elle et qu'elle nous réserve bien des surprises.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1.1]: Aimeur, Esmâ (2011) : Introduction à l'intelligence artificielle (thèse de L'IA, Université de Montréal), 2p.

[1.2]: Vincent, Perin (2018) : Intelligence artificielle. Conférence sur L'intelligence Artificielle ,18 octobre 2018.

[1.3]: Zara, Islem (2019) : L'intelligence artificielle principe, outils et objectifs (mémoire de fin d'études, Université de Badji-Mokhtar-Annaba), 9-10p.

[1.4]: Grenier, Florian (2015/2016) : Intelligence Artificielle (Entre prouesses technologiques et volonté d'innovation, l'intelligence artificielle dépassera-t-elle l'homme ?). Mémoire de fin d'études, Université de Montréal, 7p.

[1.5]: Paivio, A., (1986) : « Mental representations : A dual coding approach ». New York : Oxford University Press.

[1.6]: Cédric, Villani (2018) : Donner un sens à l'intelligence artificielle (Livre '1^{ère} édition'), 9p.

[1.7]: Cédric, Villani (Mars 2018): Qu'est-ce que l'intelligence artificielle ? Mission Villani Sur l'intelligence artificielle (Livret de vulgarisation, '1^{ère} édition'), 2p.

[1.8]: Gelin, Rodolphe (2006) : Le robot, ami ou ennemi ? Le Pommier (Livre, Broché'1^{ère} édition'), 62 p.

[1.9]: Zara, Islem (2019) : L'intelligence artificielle principe, outils et objectifs (mémoire de fin d'études, Université de Badji-Mokhtar-Annaba), 14p.

[1.10]: Serge, Soudoplatoff (2018) : L'intelligence artificielle. L'expertise partout accessible à tous. (Livre, '2^{ème} édition'), 15-16p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1.11]: Fiche explicative (2018) : 'Le test de turing'. Université de Namur.

[1.12]: P.C. Mahalanobis (1936) : On the generalized distance in statistics. Proc. India Nat. Inst. Sci. 2, pp. 49-55. India.

[1.13]: A. Bhattacharyya (1943) : On a measure of divergence between two statistical populations defined by their probability distributions. Bull. Calcutta Math. Society. 36, pp.99-109.

[1.14]: B. Bensaker (2016-2019) : Introduction à l'intelligence artificielle, concept de base. Cours Master2. Université Badji Mokhtar, Annaba.

[2.1]: Boisson Sans Alcool (12/5/2020) : Les marques d'eaux minérales Algériennes. https://www.boisson-sans-alcool.com/marques_eau-algerie/.

[2.2]: A. Hadjaz (2012) : Application de l'analyse des données pour la classification des eaux minérale de la région. Mémoire de Master. Université Badji Mokhtar de Annaba.

[2.3]: Aguagnia Karima, Ounaissia Wafa (Juin 2013) : Etude comparative de quelques sources minérales embouteillées en Algérie (mémoire de fin d'études, Université 8 Mai 1945 Guelma),7p.

[2.4]: Thierry Klethi (2020) : Alimentation humaine.Définition de Micronutriments (Article sur Les minéraux et oligo-éléments). Disponible sur le site <http://www.anses.fr/PNK901.htm>

[2.5]: Toul Oussama, Boulenouar Khaled (2018) : Etude physico-chimique et bactériologique des eaux embouteillées de source algériennes (mémoire de fin d'études, Université Belhadj Bouchaib D'Ain-Temouchent), pp. 33-37.

[2.6]: Fluorue. Impact sur la santé: octobre 2016. Disponible sur: <https://www.lenntech.fr/periodique/elements/f.htm>

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

[2.7]: Arezki, Zerouki (2013) : Les eaux embouteillées en Algérie. Les leçons d'une approche comparative. Contribution. <https://www.lesoirdalgerie.com/articles/2013/09/17/>

[3.1]: A. Hadjaz (2012) : Application de l'analyse des données pour la classification des eaux minérale de la région. Mémoire de Master. Université badji Mokhtar de Annaba.

[3.2]: B. Bensaker (2010-2015) : Analyse des données capteurs. Cours de Master en Instrumentation Contrôle. Université Badji de Annaba.