

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A.Mira-Béjaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Physico-Chimique
Spécialité Biochimie Fondamentale



Réf

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme
Master

Thème

**Analyse des séries temporelles et
prédiction des taux d'incidence des
cancers**

Présenté par :
ABDELLI BOUCHRA
Soutenu le : **20 Septembre 2021**

Devant le jury composé de :

Mme. KHEYAR. N	MCB	Présidente
Mr. TACHERFIOUT. M	MAA	Examinateur
Mr. GHIDOUCHE. A	MCB	Promoteur
Mr. MESSIS. A	MCA	Co-Promoteur

Année universitaire : 2020/2021

Dédicace

Je dédie ce modeste travail,

*Aux êtres les plus chers dans ma vie, mon père et ma mère qui m'ont
encouragé et m'ont soutenu tout au long de ma vie, et sans qui je n'aurai
jamais pu réussir.*

*A la mémoire des êtres les plus chères, à mon cœur et mon deuxième père
Toufik, à mon frère le plus chère **Abd elhak**, et ma
Grand-mère **Fatima**, que dieu les accueillies dans son vaste paradis.*

A mon frère et mes sœurs : Faiçal, Amel et Ibtissem

A mon neveu : Mohamad

A ma famille et mes ami(e)s.

Et enfin à tous ceux qui me sont proches et chers.

Remerciement

*Mon premier remerciement va à **ALLAH** le tout puissant et miséricordieux de m'avoir donné la santé, la volonté et la patience durant toutes les années d'étude,*

*D'abord un remerciement tout particulier à mon promoteur Mr **Ghidouche Abdereezak** et mon co-promoteur Mr **Messis Abdelaziz** pour la gentillesse, la disponibilité et la contribution générale à l'élaboration de ce modeste travail,*

*Mes remerciements les plus sincères sont adressés aux membres du jury Madame **KHEYAR.N**, d'avoir accepté de présider ce travail .Qu'elle trouve ici nos sincères sentiments de gratitude et de respect.
Monsieur **TACHERFIOUT.M**, de nous avoir honoré de leur présence et d'avoir examiné et discuté ce modeste travail.*

Un vif remerciement adressé à mes enseignants du département de Biologie Physico-Chimique

Mes chaleureux remerciements vont également à ma petite et grande famille.

Enfin, j'adresse mes remerciements à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail.

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

I. Introduction et problématique	1
II. Matériel et méthodes	9
II.1. Source de données	10
II.2. Méthode	10
II.2.1 Courbe de tendance	10
II.2.2 Moyennes mobiles	11
II.2.3 Simple lissage exponentiel	12
II.2.4 Double lissage exponentiel	13
III. Résultats	15
III.1 Analyse des données	16
III.2 La prévision des nouveaux cas de cancers	17
II.2.1 Résultats de la prédiction du cancer du sein	17
II.2.2 Résultats de la prédiction du cancer colorectal	19
II.2.3 Résultats de la prédiction du cancer du poumon	20
II.2.4 Résultats de la prédiction du cancer de la vessie	22
II.2.5 Résultats de la prédiction du cancer de la prostate	23
IV. Discussion	26
Conclusion	32

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Liste des abréviations

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer

INSP : Institut National de la Sante Publique

ANDS: Agence Nationale de la Statistique démographique

CCR: Cancer Colorectal

IARC: International Agency Research on Cancer

Globocan: Global Cancer

PI: Intervalle de Précision

MAPE: Pourcentage d'Erreur Absolu Moyen

MAD: L'écart absolu moyen

MSD: L'écart moyen quadratique

Liste des Tableaux

Numéro	Titre	Page
Tableau I	Les données nationales des différents types de cancers récupérés entre 2014 et 2019.	10
Tableau II	prédiction de nouveau cas de cancer du sein de 2020 à 2022.	18
Tableau III	prédiction de nouveau cas de cancer colorectal de 2020 à 2022	20
Tableau IV	prédiction de nouveau cas de cancer du poumon de 2020 à 2022	21
Tableau V	prédiction de nouveau cas de cancer de la vessie de 2020 à 2022	23
Tableau VI	prédiction de nouveau cas de cancer de la prostate de 2020 à 2022	24

Liste des figures

Numéro	Titre	Page
Figure 01	Nombre annuel observé et prévu de cas de cinq types de cancer diagnostiqués en Algérie pour la période 2014-2019.	17
Figure 02	Résultats de la prédiction pour le cancer du sein généré par la méthode de double lissage exponentiel.	18
Figure 03	Résultats de la prédiction pour le cancer colorectal généré par la méthode de double lissage exponentiel.	20
Figure 04	Résultats de la prédiction pour le cancer du poumon généré par la méthode de double lissage exponentiel.	21
Figure 05	Résultats de la prédiction pour le cancer de la vessie généré par la méthode de double lissage exponentiel.	23
Figure 06	Résultats de la prédiction pour le cancer de la prostate généré par la méthode de double lissage exponentiel.	24

I
Introduction
et
problématique

Depuis son existence, l'Homme est exposé à des maladies diverses, certaines disparaissent avec le temps, et d'autres résistent, développent et prennent de l'ampleur dans l'environnement médicale (médico-social et médico-sanitaire), touchant ainsi toutes les catégories de la population mondiale quels que soient leurs âges, sexes, ou encore leurs niveaux socioéconomiques mais à des degrés et à des causes différentes.

Le cancer en terme générale est la perte de contrôle accidentelle de la régulation des cellules qui aboutit à leur prolifération anarchique (*Nicole M, 2008*). C'est une pathologie non transmissibles, constitue la maladie incontestablement la plus redoutée. Sa réputation de gravité et d'évolution rapide voire fatale déclenche à son annonce, cette pathologie figure comme la première cause de décès chez l'homme et la deuxième chez la femme après les maladies cardio-vasculaires, par un taux d'incidence demeurent les plus élevés dans les régions les plus développées, mais la mortalité est relativement beaucoup plus élevée dans les pays en développement, faute de détection précoce et d'accès aux traitements (*Chaouli I et al, 2016*). Malgré chaque année, l'OMS, aux côtés de l'Union internationale contre le cancer, met en avant des moyens susceptibles de faire reculer la charge de cette maladie partout dans le monde, le combat est inégal, puisque les différentes régions du globe ne sont pas à égalité devant le cancer.

Le cancer dans le monde a fait 8,8 millions de morts en 2015. Près d'un décès sur 6 dans le monde est dû au cancer (*OMS 2018*). Environ 70% des décès par cancer surviennent dans les pays à revenu faible ou intermédiaire. En 2018, le fardeau mondial du cancer atteint près de 18,1 millions de nouveaux cas et 9,6 millions de décès, et près de 19,3 millions de nouveaux cas et 9,9 millions de décès en 2020, pour un homme sur cinq et une femme sur six dans le monde développeront un cancer au cours de leur vie, et un homme sur huit et une femme sur 11 meurent de cette maladie à l'échelle mondiale, le nombre total des personnes vivants avec un cancer dans les cinq ans suivant le diagnostic, appelé prévalence à cinq ans, est estimé à 4 380 000 millions (*OMS 2018*).

C'est pourquoi les pays ont élaboré et mis en œuvre des plans nationaux de lutte contre le cancer dotés de ressources suffisantes et d'un mécanisme de responsabilisation adapté afin de prodiguer à tous des services de prévention et de lutte qui soient de qualité et proportionnés aux ressources disponibles et d'atteindre les cibles du programme de développement durable à l'horizon 2030 (*OMS 2016*).

En Algérie, dans le cadre de la planification sanitaire du pays en 1975, le cancer avait été identifié comme le 17ème problème de santé. C'est seulement au cours des années 2000 que les spécialistes ont pris conscience de l'ampleur du problème. A titre d'indication, en 1997, lors des conférences régionales préparatoires des Assises Nationales de la Santé qui ont eu lieu en 1998, une seule région sur les cinq régions sanitaires du pays, la région Est, mentionnait le cancer comme un problème de santé majeur. Or, il est important de signaler que ces dernières années, l'incidence et la mortalité du cancer ont connu dans notre pays, une progression particulièrement rapide (*Zitouni M et al, 2014*).

Au cours des 25 dernières années, une augmentation significative de l'incidence des principaux types de cancers ont été observés chez les deux sexes. En outre, le taux de survie à 5 ans est faible pour les tumeurs graves en raison d'une difficulté d'accès aux soins du cancer et d'un cadre de soins de santé incomplet (*Hamdi Cherif M et al, 2015*). Depuis son indépendance, l'Algérie a déployé d'énormes efforts pour la promotion et la défense de la santé notamment ces quinze dernières années dans le domaine du cancer. Sur le plan des moyens, l'Algérie a ainsi investi dans la lutte contre le cancer de grandes ressources en financements, infrastructures, équipements et moyens humains.

En Algérie, au moment où on commence à enregistrer une diminution notable des maladies infectieuses, grâce aux différents programmes nationaux instaurés lors des dernières décennies, on assiste à une véritable transition épidémiologique marquée par l'amorce de la transition démographique, l'augmentation de l'espérance de vie des personnes âgées, la transformation de l'environnement et les changements de mode de vie.

En 2018, il y a eu 53 076 nouvelles personnes touchées par le cancer et plus de 29 000 décès en Algérie, selon les derniers chiffres du CIRC, qui dépend de l'OMS (*Ammokrane I, 2018*).

En Algérie, 50 000 cas de cancer de tous types ont été déclarés en 2019, dont 12 000 cas chez les femmes (généralement des cancers du sein et de colorectal), et 1 500 cas chez les enfants de moins de 16 ans avec un nombre important de décès par cancer cette même année est estimé à 20 000 cas. Et pour l'année 2020, le registre national du cancer estime que le nombre de nouveaux cas atteindra la barre des 49 000 dont plus de 23 000 chez l'homme et plus de 26 000 chez la femme.

La moyenne d'âge des personnes atteintes, selon les chiffres de l'INSP, est de 52 ans ce qui démontre une prolifération de la maladie parmi les personnes âgées (7% du total de la population) **(I)**.

Les spécialistes indiquent que cette maladie pourrait connaître une progression constante dans les 10 prochaines années. En chiffres, plus de 50 000 nouveaux cas de cancer par an sont attendus à partir de 2025 **(Terki.l, 2018)**.

Selon les registres de 2017 les formes de cancer les plus fréquentes chez l'homme sont ceux du poumon, du colo-rectum, de la vessie, de la prostate et de l'estomac. Le cancer du poumon vient en tête, avec plus de 3 300 nouveaux cas chaque année (représente environ 15% des cancers masculins). Les formes de cancer les plus fréquentes chez la femme sont celles du sein avec 14 000 cas, du colo-rectum, de la thyroïde, du col de l'utérus, et de l'ovaire. Concernant la répartition géographique, l'on dénombre plus de 19 000 nouveaux cas à l'est du pays, contre plus de 17 000 dans le centre, et près de 8 000 à l'ouest, selon les statistiques de 2017. Ces situations épidémiologiques confirment, une fois de plus, la tendance effrénée de croissance de cette maladie, aussi bien chez l'homme que chez la femme et dans la région Est que les autres régions.

Les cancers du poumon et du sein sont les principaux cancers dans le monde en termes de nombre de nouveaux cas, on estime à environ 2,1 millions le nombre de diagnostics de chacun de ces cancers en 2018, qui représentent environ 11,6 % du fardeau total de l'incidence du cancer. Le cancer colorectal (1,8 million de cas, soit 10,2 % du total) est le troisième cancer le plus fréquemment diagnostiqué, suivi par le cancer de la prostate (1,3 million de cas, 7,1 % du total) **(OMS 2018)**.

Dans notre modeste étude nous avons choisies les cinq premiers types/ des cancers les plus fréquents en terme de chiffre plus élevé en Algérie, représentées par cette ordre: cancer du sein, du colorectal, du poumon, de la vessie, et de la prostate.

L'Algérie enregistre plus de 20 000 nouveaux cas de cancer par an, parmi ces cancers, le cancer du sein qui est devenu un problème de santé publique majeur avec une réelle urgence d'intervention et de prise en charge **(Hamdi Cherif M et al., 2015)**, c'est le premier cancer touchant la femme dans les pays développés et son incidence progresse également dans le monde en développement, ce cancer est la première cause de mortalité chez les femmes, les risques de cette maladie sont liés à plusieurs facteurs dont l'âge, la ménopause, l'alimentation, l'obésité, le tabagisme et certains facteurs environnementaux. Malgré son faible pourcentage par rapport aux autres maladies

cancéreuses, l'augmentation de l'espérance de vie, la transformation de l'environnement et les changements de mode de vie. D'ailleurs, depuis quelques années le cancer du sein est devenu un véritable problème de santé publique dans notre pays. Cette maladie touche la femme non seulement dans son intégrité physique et psychologique mais également dans sa féminité (*Mahnane A et al, 2012*).

Le cancer du sein est exceptionnel avant 25 ans, très rare avant 30ans, son incidence augmente de façon exponentielle jusqu'à l'âge de 45-50 ans ou elle ralentit, pour continuer d'augmenter ensuite de manière sensible surtout dans les pays à risque élevé. L'incidence maximale est observée entre 60 et 69 ans, supérieure à 320/100 000 (*Remontet L et al, 2003*). Les taux d'incidence diminuent légèrement ensuite pour atteindre 245/100 000 à 85ans. Le risque pour une femme de développer un cancer du sein est de 12% et le risque de décès de 4%, ce cancer touche une femme sur 8, et une femme sur 25 en meurt (*Hill C et al, 2004*). A partir de la base de données du l'institut national de cancer, 243 000 patientes ont été traitées entre 1991 et 2001. L'incidence croit avec l'âge, 75% environ des cas de cancers du sein surviennent après l'âge de 50ans. L'âge médian du diagnostic était en 2000 de 61 ans. Le risque de cancer du sein est de 2,3% entre 0 et 49 ans, de 7,1% entre 50 et 74 ans, et de 1,0% à partir de 75 ans (*Hill C et al, 2004*). Plus de 50 % des cancers sont observés après 65 ans et près de 10 % avant 35 ans.

Les cancers digestifs représentent 20% des cancers diagnostiqués annuellement à l'échelle mondiale (*Mamoudou G et al 2014*), ils constituent de ce fait une réoccupation majeure de la santé publique. Omniprésent et particulièrement violent, le cancer colorectal "CCR" frappe toutes les populations, et ce, de manière non discriminatoire. Dans le monde, le CCR est le troisième cancer chez les deux sexes confondus. Les taux d'incidence et de mortalité par ce cancer varient considérablement selon les pays (*Faivre J, 2001*). Le CCR représente plus de 10% du fardeau cancer en termes d'incidence en 2012 selon le rapport Cancer 2014 de l'OMS, plus de 65% des nouveaux cas sont notés dans les pays à haut niveau ou très haut niveau de développement humain. Il y a une grande variation géographique de l'incidence à travers le monde, et les modèles géographiques sont très similaires chez les hommes et les femmes (les taux d'incidence varient de 10 fois dans les deux sexes dans le monde entier), la mortalité représente 8,5% du total avec plus de 52% de décès dans les régions les moins développées du monde.

En Algérie, le cancer colorectal est classée en troisième position, après le cancer des pommons et de la vessie chez l'homme, et le cancer du sein et du col utérus, chez la femme (**Bouzi K, 2013**), mais aujourd'hui cette affection classée la première sur l'ensemble des types de cancer répandus en Algérie, de manière générale, arrive en première position chez l'homme suivi du cancer du poumon et en deuxième position chez la femme après le cancer du sein. En outre, un grand nombre de travaux, ont montré que le CCR n'est pas une seule maladie mais un groupe hétérogène de tumeurs avec un fond génétique et épigénétique différent (**Silvestri G et al, 2013**), les risques de cette maladie sont liés à plusieurs facteurs dont l'âge, l'hérédité, l'alimentation, le tabagisme et certains facteurs environnementaux (**Bouzi K, 2013**). Selon le registre national du cancer 2015, l'Algérie enregistre 4 500 nouveaux cas de cancer du colorectal, et selon les registres du cancer de l'INSP en 2019, l'Algérie enregistre près de 6 500 nouveaux cas du cancer du CCR, dont 3 500 cas chez l'homme et 3 000 cas chez les femmes.

Le cancer du poumon est le type de cancer le plus répandu à travers le monde depuis 1985. En 2002, 1,35 millions de nouveaux cas ont été comptabilisé, soit 12,4% des nouveaux cas de cancer, avec une part masculine reste prédominante dans la plupart des pays du monde (80 % à 85 %). C'était également la principale cause de décès par cancer avec 1,18 millions de décès (17,6%) par cancer à travers le monde (**Fraser et Pare, 1989**).

En Algérie il occupe la première place chez l'homme (rare chez les femmes) avec 16% des cancers masculins (**Boffetta P, 2006**), ses taux d'incidence sont en augmentation constante chez les deux sexes.

Environ 30 000 sont diagnostiqués chaque année, avec une augmentation de 50% du nombre de personne atteintes entre 1986 et 2000 selon l'ANDS en 2003, et près de 3 399 nouveaux cas de cancers ont été enregistrés durant l'année 2003 dans la région centre (sauf la région de Béjaïa et de Blida). Ces derniers chiffres sont malheureusement augmentés chaque année avec une prise en charge de moins en moins importante.

Selon les statistiques qui ont été révélées en 2012, 2 707 nouveaux cas qui ont été enregistrés par le ministère de la santé publique de l'Algérie, et en 3 229 cas en 2015, avec, un nombre de décès de 2 382 cas en 2012, et 2 852 en 2015 de cancer du poumon. Le cancer du poumon est considéré comme étant la première cause du décès chez l'homme dans ce pays, pour un facteur de risque principale qui est le tabagisme par ce que le risque est multiplié par 10 pour le fumeur, donc cette maladie mortelle, et la

prévention est plus recommandée, car elle peut sauver, par rapport au traitement qui permet une survie exceptionnelle, mais limitée.

Le cancer de la vessie est le neuvième cancer le plus fréquent dans le monde (*Hemelt M et al, 2009*), il est plus fréquent chez l'homme se plaçant à la septième place par rapport à l'ensemble des cancer alors qu'il est à la dix-septième place chez la femme , il touche 4 hommes pour une femme, l'âge médian de survenue chez l'homme est 67ans avec près de 429 800 cas incidents et près de 165 100 décès estimés avoir eu lieu en 2012 selon l'IARC.

Depuis les années 90, son incidence est en baisse (de -2,5 % par an entre 2000 et 2005). Les principaux facteurs favorisant ce cancer sont le tabagisme et, dans le cadre d'une activité professionnelle, même ancienne, l'exposition à certains produits toxiques (goudrons et huiles de houille, amines aromatiques, etc.). En Algérie, le cancer de la vessie occupe la deuxième place des cancers masculins et la cinquième des cancers féminin, est le cancer urologique le plus fréquent après celui de la prostate, touchant principalement les hommes après 50 ans, avec un taux standardisé de 10,8 pour 100 000 habitants (*Office on Smoking and Health, 2010*). L'Algérie enregistre près de 2 112 nouveaux cas de cancer de la vessie en 2015, alors qu'en 2017, plus que 2 583 nouveau cas, 2 505 nouveaux cas en 2018 chez le sexe masculin.

Le cancer de la prostate est avant tout un enjeu de santé publique et demeure une préoccupation majeure des cliniciens et des fundamentalistes impliqués dans la lutte contre le cancer (*Parkin DM et al, 2001*), l'un des premières causes de décès dans le monde chez les hommes, et l'un des cancers que la prise en charge a le plus évolué ces dernières années. En effet, l'incidence du cancer de la prostate est en augmentation avec des diagnostics faits chez des patients de plus en plus jeunes (*Drouin SJ et al, 2009*) , ce type de cancer est devenu un problème de santé de premier plan au cours de ces dernières années, comme en témoignent les données épidémiologiques 540 000 nouveaux cas de cancer de la prostate par an étaient recensés en 2000 dans le monde, représente 10% du total des cancers chez l'homme alors qu'en 2002 près de 670 000, et en 2008 plus de 899 000 nouveaux cas représente 13.6% du total des cancers chez l'homme, avec un taux mondial de mortalité en 2007 par le cancer de la prostate est de 8.1 pour 100 000 (soit un peu moins de 500 000 décès chaque année), l'augmentation de

ce taux au fil du temps et les différences pays étant nettement plus faible que pour l'incidence (*Margel D, 2011*).

Les mécanismes responsables de l'initiation et de la progression du cancer de la prostate sont connus partiellement jusqu'à maintenant, et son incidence est fortement liée avec l'âge et vieillissement cellulaire et avec les facteurs environnementaux dont le style de vie d'une part et l'alimentation riche en graisses animales d'autre part, puisque ils sont corrélés avec une augmentation du stress.

Le cancer de la prostate est rare avant 40 ans et leur incidence est augmenté d'une manière très nette ces dernières années en raison du vieillissement de la population et de l'augmentation de l'espérance de vie, par contre leur incidence de mortalité augmente d'une manière logarithmique avec l'âge, le risque pour un homme de développer un cancer de la prostate avant 75 ans augmente avec la cohorte de naissance (*Aus G et al, 1995*), ce type des cancers de l'homme de plus de 50 ans et il est au deuxième rang de la mortalité par cancer des hommes de cette tranche d'âge.

Même rythme de progression du cancer que celui de l'Algérie a été enregistré ces dernières années dans le registre des tumeurs d'Alger : en 2000, le taux d'incidence en Algérie est 4.2 /1000 habitants, en 2003 est 7.2/1000 habitants et en 2007 est 10.3 /1000 habitant, ce type de cancer est de plus en plus fréquent en Algérie, puisque en 2009 dans notre pays le registre des cancers place le cancer de prostate au 4ème rang, c'est le premier cancer urologique et pratiquement le 1er cancer chez le sujet après l'âge de 50 ans. Selon les chiffres de l'INSP, 300 nouveaux cas déclarés sont annuellement enregistrés. Ce type de cancer c'est la 2ème cause de mortalité chez l'homme après le cancer du poumon par ce que 80% des cas enregistrés sont à un stade avancé de la maladie (*Tellouche S, 2011*).

Ces chiffres traduisent, malheureusement, les limites des stratégies de lutte contre cette infection dans notre pays. Les oncologues qui sont intervenus ont relevé que ces situations épidémiologiques inquiétantes sonnent aussi comme un appel urgent aux hautes autorités du pays pour se déployer davantage, afin d'améliorer le dépistage et développer le diagnostic précoce à travers le territoire national après la réalisation d'une bonne prédiction de l'incidence de cette pathologie mortelle.

L'objectif de notre travail est d'analyser des séries temporelle de quelques types des cancers à l'échelle national dans la période 2014-2019, pour prédire le taux d'incidence de ces types, et pour fournir aussi des projections annuelles robustes des cancers. Nous

proposons l'utilisation d'un logiciel appelé : **MINITAB 17.1**, et l'analyse de nos données par la méthode de lissage exponentiel double.

Les projections des cancers seraient utiles pour les cliniciens, les administrateurs de la santé et les chercheurs de plusieurs manières. Les prévisions du volume des cancers faciliteront la planification des installations, de l'équipement et de la dotation en personnel, en particulier pour les zones régionales. La modélisation de l'incidence du cancer aidera les chercheurs à comprendre les déterminants de l'incidence des maladies au niveau de la population. Ces prévisions sont particulièrement importantes pour les systèmes de santé où il existe un décalage inhérent entre le diagnostic des cas et le moment où ils sont officiellement notifiés et signalés publiquement.

Dans un premier temps nous allons réaliser une analyse approfondie des données obtenues, synthétiser et discuter les résultats, pour enfin sortir avec des conclusions plus que prometteuses.

L'idée que nous remettrons en question dans ce travail, cherchant à répondre à la problématique suivante: **Quelle est le taux d'incidence de ces cinq types de cancer en Algérie?**

La réponse à cette question principale nécessite de passer par plusieurs étapes afin de prédire le nombre des nouveaux cas de cancers en Algérie.

II
Matériel
et
méthodes

II.1 Source de données :

Les données utilisées dans le présent travail ont été récupérées à partir de la base commune des registres des réseaux algériens, présentées principalement par l'ONS, l'INSP et la base Globocan, couvrant la période allant de 2014 jusqu'à 2019 (Tableau I).

Tableau I : Les données nationales des différents types de cancers récupérés entre 2014 et 2019 (*ONS, INSP, GLOBOCAN*)

Cancer de	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Le rang
Sein	10310	10744	9862	11603	11847	12000	1
Colorectal	4332	4444	4354	6542	5537	6500	2
Poumon	2332	3338	2412	2856	3271	3300	3
Vessie	2112	1857	1703	2583	2505	3000	4
Prostate	1645	1620	2118	2090	2578	2500	5

II.2 Méthodes

Toutes les analyses ont été effectuées par le logiciel MINITAB 17.1. La méthode de double lissage exponentielle a été utilisée pour les tests de validation et de prédiction des résultats des différents types de cancers.

Les méthodes de lissages exponentiels constituent un outil permettant de réaliser des prévisions à partir de l'observation d'une série temporelle.

Nous avons rajouté quelques définitions et les équations utilisées par notre logiciel pour analyser les données et prédire le nombre de nouveau cas des cancers.

II.2.1 Les courbes de tendance

Les courbe de tendance, également appelées lignes d'ajustement optimal ou courbes de régression, illustrent avec des graphiques, les tendances dans une série de données et sont généralement utilisées pour représenter les prévisions. Une tendance est habituellement une ligne ou une courbe reliant ou passant à travers plusieurs points de la série, affichant une tendance.

On peut définir les types de courbes de tendance suivant :

✓ **Linéaire**

Utilisez une courbe de tendance linéaire lorsque vos valeurs de données diminuent ou augmentent le long d'une ligne droite à un taux constant.

✓ **Polynomial**

Utilisez une courbe de tendance polynomiale lorsque vos valeurs de données augmentent et diminuent à la fois.

✓ **Logarithme**

Utilisez une courbe de tendance logarithmique lorsque vos données augmentent ou diminuent rapidement pour se stabiliser ensuite.

✓ **Moyenne mobile**

Utilisez une courbe de tendance de moyenne mobile lorsque vos valeurs de données changent et que vous souhaitez écarter les exceptions pour voir les tendances

L'équation de courbe de tendance est une formule qui trouve une ligne qui correspond le mieux aux points de données, cette formule est utilisée pour un graphique en nuages de points XY. Ce graphique trace l'axe X et l'axe Y en tant que valeurs. Les graphiques en courbes, en colonnes et en barres tracent uniquement l'axe Y en tant que valeurs. Dans ces types de graphiques, l'axe X est tracé en tant que série linéaire uniquement, quelle que soit la nature des étiquettes. Par conséquent, la courbe de tendance sera inexacte si elle est affichée sur ces types de graphiques. Ce comportement est inhérent au produit. (II)

II.2.2 Moyennes mobiles

Les moyennes mobiles (movings averages) sont utilisées pour lisser une série chronologique.

C'est un outil simple qui permet de mettre en évidence la tendance en supprimant la composante saisonnière et en réduisant l'amplitude des fluctuations irrégulières. Elles permettent de lisser directement la série sans hypothèse à priori sur la forme du modèle.

La méthode est valide d'ailleurs quel que soit le modèle de décomposition.

Soit une série chronologique X_t , on appelle moyenne mobile, une transformation de X_t s'écrivant comme combinaison linéaire finie des valeurs de la série correspondant à des dates entourant t . La série transformée s'écrit comme suit :

$$M_{p+q+1}(X_t) = \sum_{i=-q}^p \theta_i X_{t+i} =$$

$$\theta_{-q} X_{t-q} + \dots + \theta_{-1} X_{t-1} + \theta_0 X_t + \theta_1 X_{t+1} + \dots + \theta_p X_{t+p}$$

où $\theta_{-q}, \dots, \theta_p$

Sont des réels et

$$q, p \in \mathbb{N}$$

On appelle ordre de la moyenne le nombre $(q + p + 1)$

Étant donné qu'une moyenne mobile en t est une combinaison linéaire finie des valeurs de la série correspondant à des dates entourant t , elle réalise donc un lissage de la série, une moyennisation. (Agnès L).

II.2.3 Le lissage exponentiel simple

Le lissage exponentiel simple qui consiste à ajuster localement à la série temporelle une constante.

Disposant d'une série temporelle x_1, \dots, x_n , l'objectif du lissage exponentiel est d'estimer la valeur \hat{x}_{n+h} non encore observée. Nous noterons cette prévision.

Étant donnée une constante de lissage $0 < \alpha < 1$, on définit la prévision par lissage exponentiel simple :

$$\hat{x}_{n,h} = \alpha \sum_{j=0}^{n-1} (1 - \alpha)^j x_{n-j}. \quad (1)$$

La prévision est une moyenne de toutes les observations passées, pondérée de sorte que plus l'observation soit ancienne moins elle ait d'importance.

Une constante de lissage α proche de 0 (≤ 0.3) donne une importance significative aux observations éloignées, tandis qu'un α proche de 1 (≥ 0.7) tend à négliger ces observations éloignées.

Remarque : la prévision ne dépend pas de h !

✓ **Formules récursives de mise à jour** :

La définition (1) vérifiant la formule récursive suivante :

$$\hat{x}_{n,h} = \alpha x_n + (1 - \alpha)\hat{x}_{n-1,h},$$

La prévision $\hat{x}_{n,h}$ peut être obtenue immédiatement à partir de la connaissance de :

- 1- la prévision $\hat{x}_{n-1,h}$ basée sur les $n - 1$ premières observations,
- 2- l'observation x_n .

L'utilisation de cette récurrence permet de réaliser des algorithmes très rapides d'estimation de la prévision par lissage exponentiel (en initialisant à $\hat{x}_{1,h} = x_1$).

✓ **Choix de la constante de lissage :**

Pour choisir la constante de lissage, une solution pragmatique consiste à tester plusieurs valeurs et à choisir celle minimisant un critère d'erreur minimale. Pour cela on partage l'échantillon d'observations en un échantillon d'apprentissage (les 80% premières observations : x_1, \dots, x_m où m est par exemple l'entier le plus proche de $8/10n$) et un échantillon test (les 20% dernières : x_{m+1}, \dots, x_n), on estime le modèle de lissage exponentiel à partir de l'échantillon d'apprentissage, et on évalue l'erreur sur l'échantillon test:

$$\text{erreur} = \sum_{h=1}^{n-m} (\hat{x}_{m,h} - x_{m+h})^2$$

On répète cette opération pour plusieurs valeurs de la constante de lissage α , et on choisit celle conduisant à l'erreur la plus petite.

II.2.4 Lissage exponentiel double

Le lissage exponentiel double qui ajuste quant à lui une droite.

On ajuste au voisinage de l'instant n une droite d'équation : $y_t = a_1 + a_2(t - n)$.

La prévision par lissage exponentiel double est :

$$\hat{x}_{n,h} = \hat{a}_1(n) + \hat{a}_2(n)h \quad \text{où } \hat{a}_1(n) \text{ et } \hat{a}_2(n)$$

Sont solution de :

$$\inf_{a_1, a_2 \in \mathbb{R}} \sum_{j=0}^{n-1} (1 - \alpha)^j (x_{n-j} - (a_1 + a_2 j))^2.$$

Les solutions de cette équation sont :

$$\hat{a}_1(n) = 2L_1(n) - L_2(n) \quad \text{et} \quad \hat{a}_2(n) = \frac{\alpha}{1-\alpha}(L_1(n) - L_2(n))$$

$$\text{où } L_1(n) = \alpha \sum_{j=0}^{n-1} (1-\alpha)^j x_{n-j} \text{ et } L_2(n) = \alpha \sum_{j=0}^{n-1} (1-\alpha)^j L_1(n-j)$$

Sont deux lissages exponentiels simples successifs.

Remarque : comme pour le lissage exponentiel simple, l'estimateur de la prévision est la meilleure approximation au sens des moindres carrés pondérés.

✓ **Formules récursives de mise à jour :**

$$\hat{a}_1(n) = \hat{a}_1(n-1) + \hat{a}_2(n-1) + \alpha(2-\alpha)(x_n - \hat{x}_{n-1,1}),$$

$$\hat{a}_2(n) = \hat{a}_2(n-1) + \alpha(2-\alpha)(x_n - \hat{x}_{n-1,1}),$$

où $\hat{a}_1(n)$ et $\hat{a}_2(n)$

Sont les estimations des paramètres α_1 et α_2 lorsque l'on a observé la série jusqu'à la n ème réalisation. Les valeurs initiales étant :

$$\hat{a}_1(0) = x_1 \text{ et } \hat{a}_2(0) = x_2 - x_1 .$$

(Aragon Y, 2011)

III
Résultats

III.1 Analyse des données

Après le traitement des données par le logiciel *MINITAB 17.1*. Donne un tracé de séries chronologiques pour le cancer du: sein, colorectal, poumon, la vessie et la prostate (Figure 01).

Le tracé graphique représente la variation du nombre de nouveaux cas de cinq types de cancers, en fonction du temps enregistré en Algérie durant la période 2014-2019.

La courbe bleue représente la variation du nombre de nouveau cas de cancer du sein diagnostiqué en Algérie couvrant la période 2014-2019. Le nombre de cas de cancer de sein augmente en fonction du temps, et multiplie fois deux ou plus par rapport aux autres type de cancer, avec un nombre annuel de nouveau cas de 10310 nouveau cas en 2014 à 12000 nouveau cas en 2019, et il est prévisible qu'elle va progresser, pouvant atteindre rapidement près de 13000 nouveau cas par an. L'année qui a connu le moins de cas est celle de 2016 avec un nombre de 9862, donc on peut conclure que le cancer de sien c'est le cancer numéro un en Algérie.

La courbe rouge exprime la variation du nombre de nouveau cas du cancer colorectal durant la période 2014-2019, ce nombre de nouveau cas est augmenté en fonction de temps, qui est passée de 4000 nouveaux cas pour l'année 2014 à 6500 nouveaux cas en 2019. Il y a eu un pic observé autour de l'année 2017 avec un nombre de 6542 nouveau cas.

La courbe verte représente la variation du nombre de nouveau cas de cancer du poumon diagnostiqué en Algérie pour la période 2014-2019, ce nombre de cas est augmenté en fonction du temps avec un nombre de 2332 nouveau cas en 2014 et plus de 3000 nouveau cas en 2019. Il y a eu un pic observé et enregistré autour de 2015 avec un nombre de 3338 nouveau cas.

Pour les deux dernières courbes représentent le nombre de nouveau cas du cancers de la vessie (la courbe violette) et de la prostate (la courbe grise) durant la période 2014-2019. Le nombre de nouveau cas pour les deux types est augmenté mais lentement, avec un nombre de nouveau cas enregistré en 2014 de 2112 nouveau cas pour le cancer de la vessie, et de 1645 nouveau cas pour le cancer de la prostate , et un nombre de cas en 2019 de 3000 nouveau cas pour le cancer de la vessie, et de 2500 nouveau cas enregistré

pour le cancer de la prostate. Il y a eu un pic observé autour de l'année 2017 avec un nombre de 2583 nouveau cas pour le cancer de la vessie, et un pic observé pour le cancer de la prostate autour de l'année 2016 avec un nombre de 2118 nouveau cas, on remarque que les deux types de cancer il sont proche en terme de nombre de nouveau cas enregistré chaque année.

Donc, on peut conclure que les cinq types de cancers en augmentation par rapport au nouveau cas diagnostiqué et enregistré en Algérie durant la période 2014-2019.

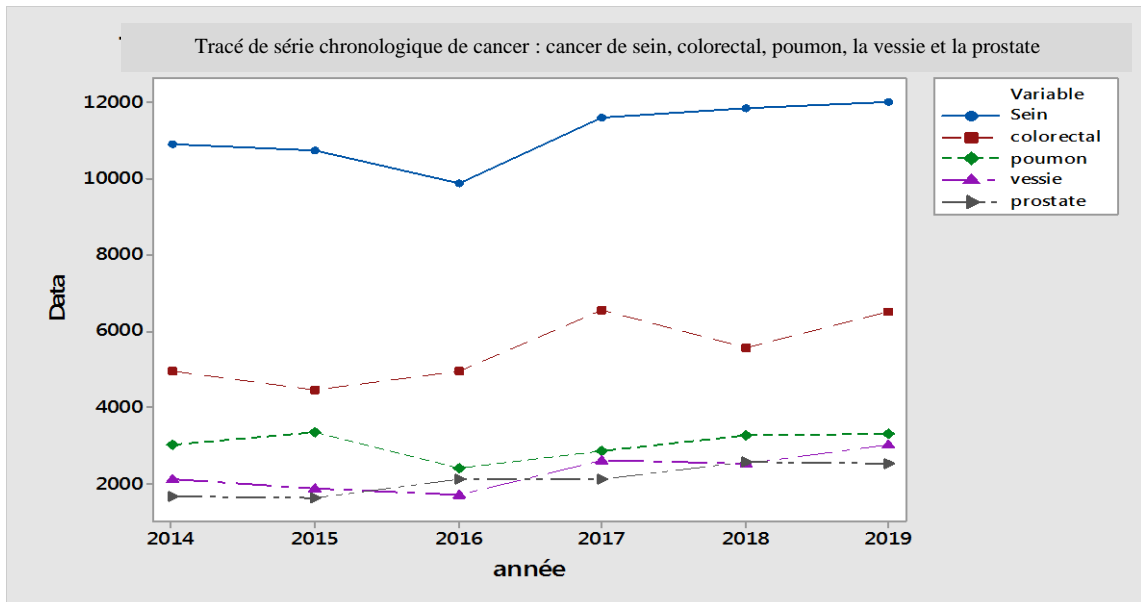


Figure 01 : Nombre annuel observé et prévu de cas de cinq types de cancer diagnostiqués en Algérie pour la période 2014-2019. (*Minitab17.1 (2021)*)

III.2 La prévision des cas de cancers:

Pour la modélisation des cas de cancers, nous avons évalué un certain nombre de paramètres par la méthode de double lissage exponentiel.

III.2.1 Résultats de la prédiction du cancer du sein :

Le graphique au- dessous (Figure 02) représente les résultats de la prédiction pour le cancer du sein généré par la méthode de double lissage exponentiel, ces résultats sous forme des courbes et chaque courbe porte plusieurs informations sur ce type de cancer en termes de chiffres. La courbe bleue montre la variation de nombre de nouveau cas de cancer du sein diagnostiqué en Algérie pendant la période 2014-2019,et une courbe d'ajustement de ces données en rouge, aussi une courbe linière verte représente la prédiction de nombre de nouveau cas et deux autre courbes violettes représentent l'intervalle de la prédiction pour les années : 2020, 2021 et 2022.

Le tableau au-dessous représente la prédiction de nouveau cas de cancer du sein en Algérie de 2020 à 2022.

Le modèle a prédit que le nombre de cas est de 12526,7 nouveau cas de cancer du sein en Algérie autour de l'année 2020, d'après les résultats au-dessous, cette prévision pourrait varier de 10695,6 à 14357,8 nouveaux cas, le nombre de cas pour l'année 2021 pourrait varier de 10756,9 à 15215,6 nouveau cas (donc 12986,3 nouveau cas) et de 10780,8 à 16110,8 nouveau cas pour l'année 2022 (donc 13445,8 nouveau cas). Selon les données de validation qui est près de 12536 nouveau cas enregistré en Algérie pour l'année 2020, on peut dire que notre modèle de prédiction est validé (Tableau II).

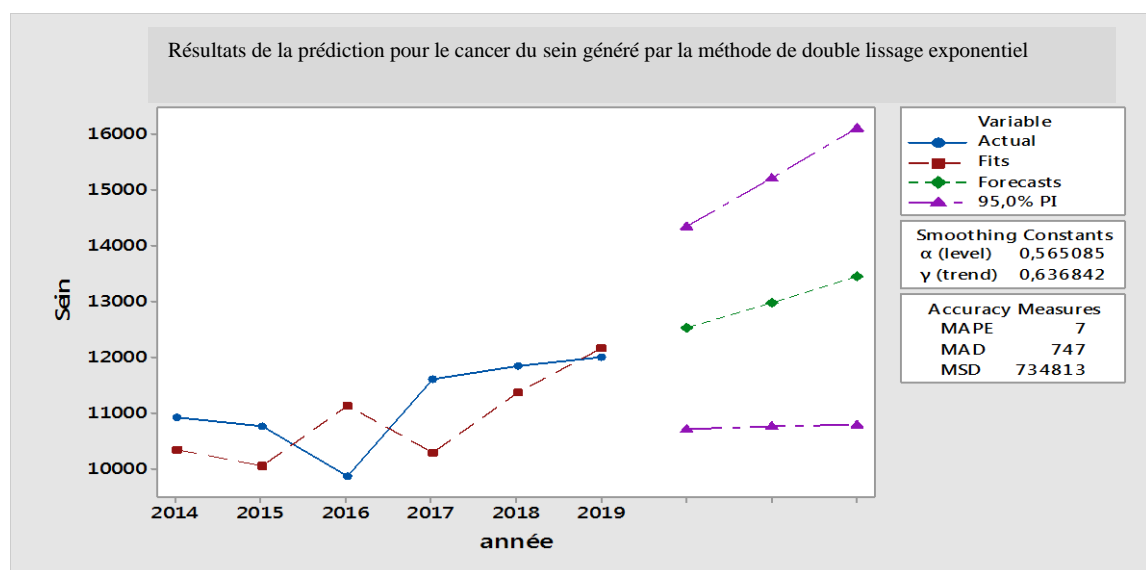


Figure 02 : Résultats de la prédiction pour le cancer du sein généré par la méthode de double lissage exponentiel. (*Minitab17.1 (2021)*)

Tableau II : prédiction de nouveau cas de cancer du sein de 2020 à 2022. (*Minitab17.1 (2021)*)

La période	Prévision	Inférieur	Supérieur	Actuelle
2020	12526,7	10695,6	14357,8	12536
2021	12986,3	10756,9	15215,6	/
2022	13445,8	10780,8	16110,8	/

III.2.2 Résultats de la prédiction du cancer colorectal :

La figure au- dessous représente les résultats de la prédiction pour le cancer colorectal généré par la méthode de double lissage exponentiel, ces résultats sous forme des

courbes portent plusieurs informations sur ce type de cancer en termes de nombre de nouveau cas enregistré pour la période 2014-2019. La courbe bleue exprime l'évolution de nombre de nouveau cas de cancer colorectal diagnostiqué en Algérie pendant la période 2014-2019, et sont courbe d'ajustement en rouge, aussi une courbe linière verte représente la prédiction de nombre de nouveau cas située entre deux courbes violettes représentent l'intervalle de la prédiction pour la période : 2020-2022.

Le tableau au-dessous représente la prédiction de nouveau cas du cancer colorectal en Algérie de 2020 à 2022.

Le nombre de nouveau cas de cancer colorectal prédit par le modèle est de 6784,84 nouveau cas autour de l'année 2020 en Algérie, cette prévision pourrait varier entre 5033,24 et 8536,4 nouveau cas, notre modèle a prédit que le nombre de nouveau cas pour l'année 2021 sa sera entre 4758 ,44 et 9437,9 nouveau cas (donc près de 7098,15 nouveau cas), et de 7411,46 nouveau cas (de 4439,19 à 10383,7 nouveau cas) pour l'année 2022. Selon les données de validation de 2020 qui est 6526 nouveau cas, on peut conclure que notre modèle de prédiction est validé (Figure 3, Tableau III).

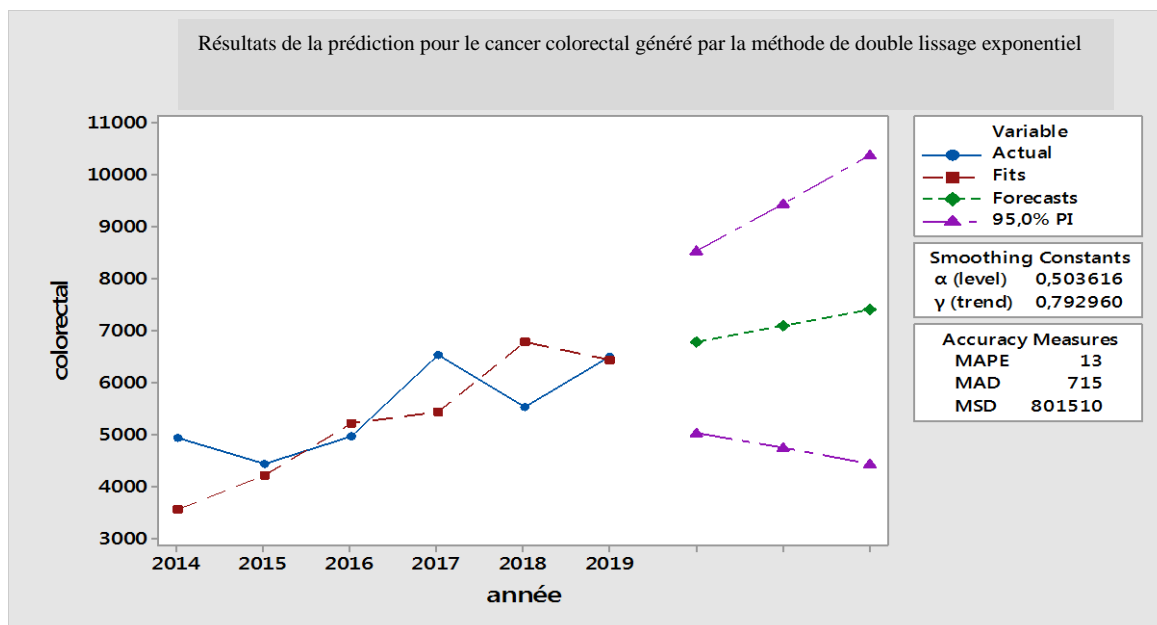


Figure 03 : Résultats de la prédiction pour le cancer colorectal généré par la méthode de double lissage exponentiel. (*Minitab17.1 (2021)*)

Tableau III : prédiction de nouveau cas du cancer colorectal de 2020 à 2022. (*Minitab17.1 (2021)*)

La période	Prévision	Inférieur	Supérieur	Actuelle
2020	6784,84	5033,24	8536,4	6526
2021	7098,15	4758,44	9437,9	/
2022	7411,46	4439,19	10383,7	/

III.2.3 Résultats de la prédiction du cancer du poumon :

Le graphique au- dessous représente les résultats de la prédiction pour le cancer du poumon généré par la méthode de double lissage exponentiel, ces résultats sous forme des courbes portent plusieurs informations sur ce type de cancer en termes de chiffres. La courbe bleue montre la variation de nombre de nouveau cas de cancer du poumon diagnostiqué en Algérie durant la période 2014-2019,et sont courbe d'ajustement en rouge, aussi une courbe linière verte représente la prédiction du nombre de nouveau cas et deux autres courbes violettes représentent l'intervalle de la prédiction pour les années : 2020, 2021 et 2022.

Le tableau au-dessous représente la prédiction de nouveau cas de cancer du poumon en Algérie de 2020 à 2022.

Le modèle a prédit que le nombre de nouveau cas de cancer du poumon en Algérie pour l'année 2020 est 3311,4 nouveau cas, cette prévision pourrait varier dans l'intervalle [2436,57 ; 4186,23] nouveau cas, et le nombre de cas pour l'année 2021 pourrait varier entre 2415,07 et 4446,73 nouveau cas (donc près de 3430,9 nouveau cas), et de 3550,4 nouveau cas (entre 2379,27 et 4721,54 nouveau cas) pour l'année 2022. Selon les données de validation qui est de 4159 nouveau cas diagnostiqué en 2020, on peut dire que notre modèle de prédiction est validé (Figure 4, tableau IV).

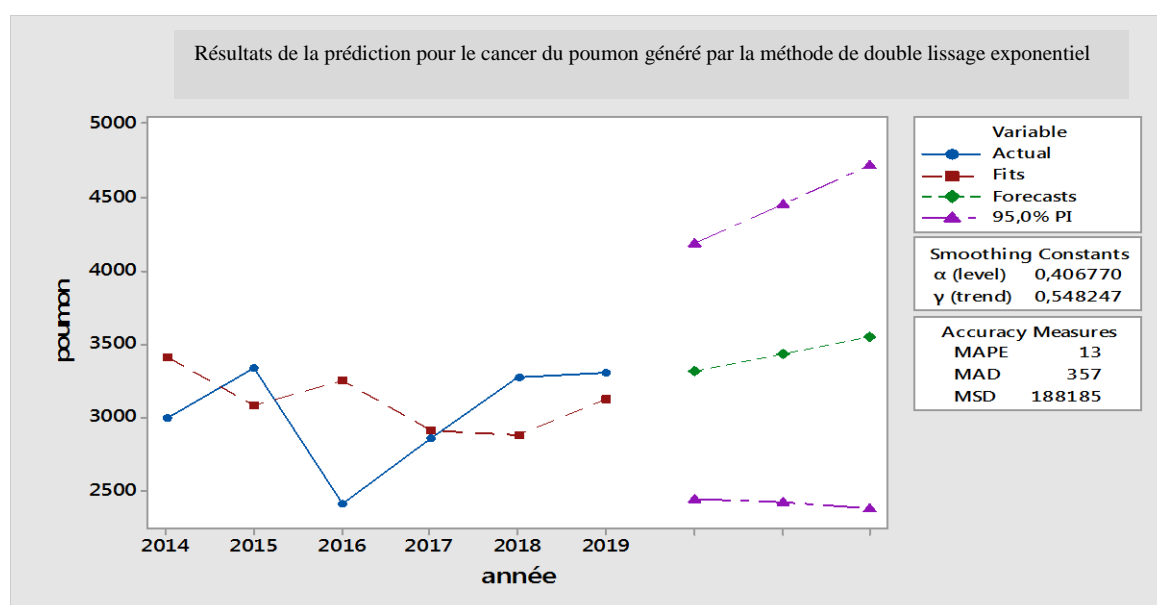


Figure 04 : Résultats de la prédiction pour le cancer du poumon généré par la méthode de double lissage exponentiel. (*Minitab17.1 (2021)*)

Tableau IV : prédiction de nouveau cas de cancer du poumon de 2020 à 2022. (*Minitab17.1 (2021)*)

La période	Prévision	Inférieur	Supérieur	Actuelle
2020	3311,4	2436,57	4186,23	4159
2021	3430,9	2415,07	4446,73	/
2022	3550,4	2379,27	4721,54	/

III.2.4 Résultats de la prédiction du cancer de la vessie :

Le graphique au-dessous (Figure 05) représente les résultats de la prédiction pour le cancer de la vessie généré par la méthode de double lissage exponentiel, ces résultats sous forme des courbes et chaque courbe porte plusieurs informations sur ce type de cancer en termes de chiffres. La courbe bleue représente la variation de nombre de nouveau cas du cancer de la vessie diagnostiqué en Algérie durant la période 2014-2019, et une courbe d'ajustement de ces données en rouge, aussi une courbe linéaire verte représente la prédiction de nombre de nouveau cas et deux autres courbes violettes représentent l'intervalle de la prédiction pour la période : 2020-2022.

Le tableau au-dessous représente la prédiction de nouveau cas de cancer de la vessie en Algérie de 2020 à 2022.

D'après les résultats au-dessous notre modèle a prédit que le nombre de nouveau cas du cancer de la vessie est 3279,52 nouveau cas en Algérie autour de l'année 2020, cette prévision pourrait varier de 2355,12 à 4203,91 nouveau cas, et 3654,2 nouveau cas pour l'année 2021 (sa sera entre 2414,65 et 4893,74 nouveau cas), de 2450,6 à 5607,15 nouveau cas autour de l'année 2022 (près de 4028,88 nouveau cas). Selon les données de validation de 2020 qui est 2734 nouveau cas, on peut conclure que notre modèle de prédiction est validé (Tableau V).

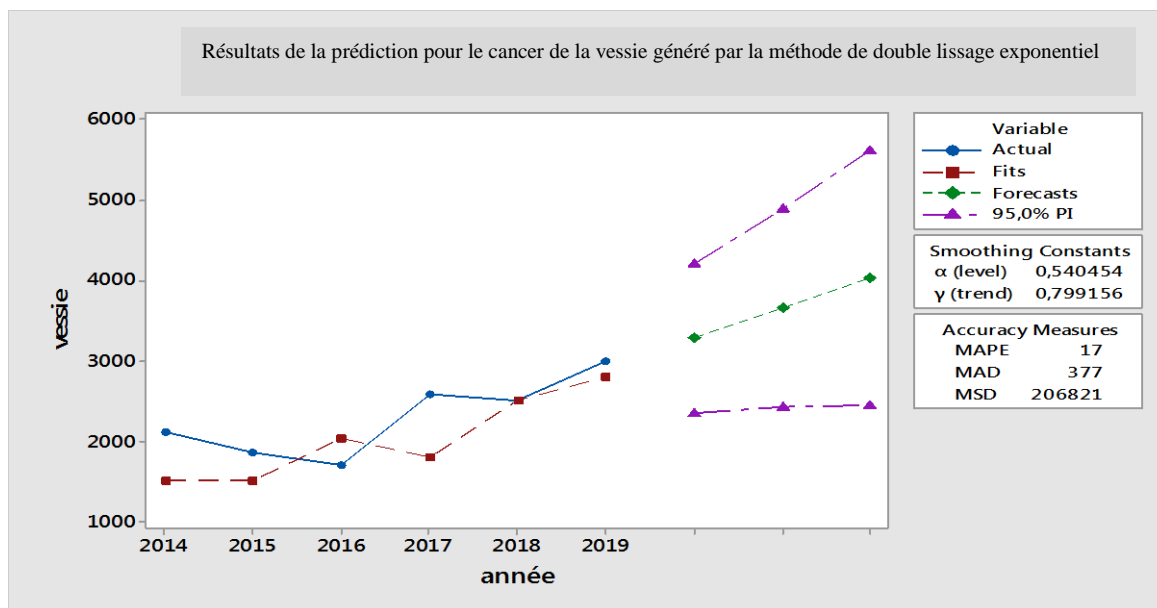


Figure 05 : Résultats de la prédiction pour le cancer de la vessie généré par la méthode de double lissage exponentiel. (*Minitab17.1 (2021)*)

Tableau V: prédiction de nouveau cas du cancer de la vessie de 2020 à 2022. (*Minitab17.1 (2021)*)

La période	Prévision	Inférieur	Supérieur	Actuelle
2020	3279,52	2355,12	4203,91	2734
2021	3654,2	2414,65	4893,74	/
2022	4028,88	2450,6	5607,15	/

III.2.5 Résultats de la prédiction du cancer de la prostate:

Le graphique au- dessous (Figure 06) représente les résultats de la prédiction pour le cancer de la prostate généré par la méthode de double lissage exponentiel, ces résultats sous forme des courbes et chaque courbe porte plusieurs informations sur ce type de cancer en termes de nouveau cas. La courbe bleue montre la variation de nombre de nouveau cas du cancer de la prostate diagnostiqué et enregistré en Algérie durant la période 2014-2019,et une courbe d’ajustement de ces données en rouge, aussi une courbe linière verte représente la prédiction de nombre de nouveau cas et deux autre courbes violettes représentent l’intervalle de la prédiction pour les années : 2020, 2021 et 2022.

Le tableau au-dessous représente la prédiction de nouveau cas du cancer de la prostate en Algérie de 2020 à 2022.

Le modèle a prédit que le nombre de nouveau cas pour le cancer de la prostate en Algérie autour de l'année 2020 est 2812,07 nouveau cas, cette prévision pourrait varier de 2358,51 à 3265,63 nouveau cas donc près de 3597 nouveau cas, et le nombre de cas pour l'année 2021 sa sera près de 3015,7 nouveau cas (entre 2326,05 et 3705,35 nouveau cas) et près de 3219,33 nouveau cas (entre 2281,5 et 4157,16 nouveau cas) pour l'année 2022. Selon les données de validation de 2020, on peut dire que notre modèle de prédiction est validé (Tableau VI).

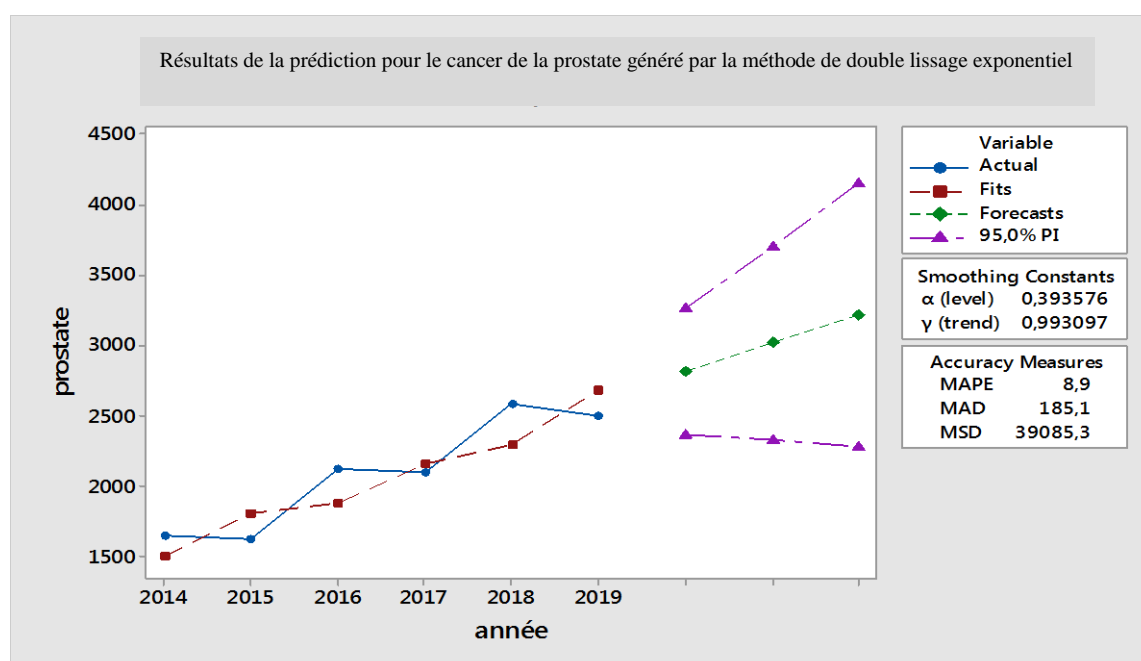


Figure 06 : Résultats de la prédiction pour le cancer de la prostate généré par la méthode de double lissage exponentiel. (*Minitab17.1 (2021)*)

Tableau VI : prédiction de nouveau cas du cancer de la prostate 2020 à 2022. (*Minitab17.1 (2021)*)

La période	Prévision	Inférieur	Supérieur	Actuelle
2020	2812,07	2358,51	3265,63	3597
2021	3015,7	2326,05	3705,35	/
2022	3219,33	2281,5	4157,16	/

On peut conclure que notre modèle de prédiction est validé avec un intervalle de précision de 95% PI.

IV
Discussion

Notre étude a caractérisé avec précision l'analyse des séries temporelle et la prédiction sur 3 ans de nombre de nouveau cas des cinq types de cancer (cancer du sein, colorectal, du poumon, de la vessie et de la prostate), pour la période 2014-2019 en Algérie.

Dans notre modeste étude on a opté pour le modèle de lissage exponentiel double qui est une méthode adaptée grâce à ses formules de mise à jour qui permettent de faire des prédictions.

Ayant mis l'année 2020 pour prédire les valeurs afin de comparer les données réelles avec celles prédites, et on a constaté que le lissage exponentiel serait plus adéquat pour prédire des valeurs futures car il donne une bonne précision.

Nous postulons qu'il y a plusieurs raisons pour lesquelles le nombre de nouveau cas des cancers en Algérie a augmenté ces dernières années. Une partie de l'augmentation de nombre de nouveau cas peut être attribuée à un déficit budgétaire médical en Algérie qui affecte grandement les patients qui se retrouvent impuissants face à la pénurie de médicaments et des traitements du cancer. Une autre explication potentielle qui est le changement du mode de vie alimentaire avec une orientation plus accrue pour le fastfood qui serait derrière la multiplication des nouveau cas de cancer colorectal, l'utilisation de pesticide dans les récoltes agricoles constitue aussi un facteur de prolifération de cancer, la réduction de la consommation de viandes rouges, citant le vieillissement de la population, outre les facteurs d'ordre écologique, tel que la pollution, ou social comme le tabac, l'alcool et la drogue (**Bouzide K. 2019**).

Les travaux de Kesraoui M *et al*, (**Kesraoui M *et al*, 2017**), sont en accord avec notre étude, ils ont utilisé une modélisation qui traduit une analyse son évolution sous forme de séries temporelles. Deux approches de résolution de la problématique ont été étudiées, mises en œuvres et comparées : lissage exponentiel et la méthode de Box-Jenkins, qui sont permis de dresser un bilan des réponses apportées à la question posée. Ainsi à la question de savoir la meilleure méthode de prévision, ils ont constaté qu'il y a eu problème de prévisions par la droite de tendance par la méthode des moindres carrés car l'ajustement n'était pas adéquat puisque le coefficient de détermination(R^2) n'est pas significatif. Ils ont opté pour d'autres modélisations telles le lissage exponentiel double, et ils ont réservés l'année 2011 pour prédire les valeurs et après comparer les données réelles avec celles prédites. Puis ils ont utilisé la modélisation de Box-Jenkins pour comparer les différents modèles proposes, donc après avoir jugé que le lissage exponentiel double donne de meilleurs résultats, ils ont prédit pour l'année 2012. A

l'aide de logiciel R, par la suite ils ont constaté que le lissage exponentiel serait plus adéquat pour prédire des valeurs futures car il donne une bonne prévision.

Arul E *et al*, (**Arul E *et al*, 2019**), dans une étude Australienne pour un objectif de la prévision de l'incidence annuelle et du taux de mortalité du cancer de la prostate en Australie jusqu'en 2022, ils ont proposé l'utilisation de modèles de moyenne mobile intégrée autorégressive (ARIMA) en conjonction avec des prévisions de population pour fournir des projections annuelles robustes du cancer de la prostate. Le nombre annuel de cas de cancer de la prostate diagnostiqués en Australie est passé de 3606 en 1982 à 20 065 en 2012 avec deux pics ont été observés vers 1994 et 2009 ils projettent que les cas incidents de cancer de la prostate en 2022 passeront à 25 283 nouveau cas pour une population des hommes âgés de 50 ans et plus, ils ont constaté que l'incidence normalisée selon l'âge du cancer de la prostate en Australie augmente cette étude est en accord avec notre étude, puisque nous avons remarqué que le nombre annuel de cas de ce même type de cancer diagnostiqué en Algérie est près de 1645 en 2014 à 2500 en 2019 avec un pic observé autour de l'année 2016 pour 2118 nouveaux cas et un nombre e nouveau cas passe 3219 nouveau cas en 2022, la déférence entre les deux étude en terme de chiffre liée à la déférence de la population étudiée, la période d'étude et la méthode d'étude aussi, mais on peut dire que le taux d'incidence de ce cancer est augmenté chaque année pour les deux pays.

Engeland *et al*. (**Engeland, 1993**) ont prédit l'incidence du cancer du sein en 2010 pour les cinq pays scandinaves sur la base des données des registres de 1958 à 1987, la prévision des incidences se base sur l'analyse bayésienne d'un modèle âge-période-cohorte. Ils prévoient, selon le pays, une augmentation d'incidence de 50 % (Suède) à près de 100 % (Finlande) entre 1990 et 2010. Vioque J *et al*, (**Vioque J *et al*, 1993**) prédisent une augmentation de 60 % de l'incidence du cancer du sein entre 1976 et 2000 sur la base des données du registre de Zaragoza (Espagne). En Bulgarie, Hristova L *et al*, (**Hristova L *et al*, 1997**) estiment l'augmentation de l'incidence à plus de 60 % entre 1968 et 2017. Kessler LG *et al*, (**Kessler LG *et al*, 1991**) partent du principe que le dépistage ne change pas la tendance de l'incidence à moyen terme et leur modèle met en évidence, aux Etats-Unis, une croissance de l'incidence d'environ 30% entre 1982 et 2000. Sigurdsson K *et al*, (**Sigurdsson K *et al*, 1991**) prévoient une élévation de 42 % de l'incidence, en Islande, de 1980 à 2000. Dans notre étude et pour ce même type de cancer qui est le cancer de sein, nous avons conclure que il y a une croissance de

l'incidence de cancer du sein en Algérie avec plus de 10310 nouveau cas en 2014 à 12000 nouveau cas en 2019, donc une augmentation avec près de 15% de 2014 à 2019, et notre modèle à prédit que ce type de cancer est augmenté durant la période de 2020-2022 de plus de 12526,7 nouveau cas autour de l'année 2020 à près de 13445,8 nouveau cas en 2022, les prévisions, obtenues à l'aide d'une modèle âge-période-cohorte ou fondées sur d'autres méthode, concordent toutes sur la notion d'augmentation de l'incidence. L'importance de la croissance dépend de la population : les prédictions établies dans notre étude (augmentation de 6,8% par an pour le cancer de sien) par contre la croissance de Zaragoza (2,5% par an). Cette croissance est supérieure à celles de l'Islande et de la Bulgarie (2,1% par an), elle est nettement supérieure aux résultats de Kessler aux USA (1,7 % par an).

Capocaccia *et al.* (**Capocaccia et al, 1997**) ont réalisé, en Italie, un calcul de prédiction d'incidence au sien d'une population tronquée (25-84 ans) , ils obtiennent, respectivement pour les femmes et les hommes (incidence du cancer colorectal standardisée selon la population mondiale), 18 et 23 pour 105 en 1970, 22 et 29 pour 105 en 1980, 28 et 40 pour 105 en 1990, 33 et 50 pour 105 en 2000.

Les résultats sont relativement mais l'incidence augmente globalement quoique faiblement. Pour le colon, dans toute la population, les taux standardisés sur la population mondiale sont, en 2008, compris entre 17 pour 105 (Suède) et 25 pour 105 (Norvège) pour les hommes et entre 14 pour 105 (Finlande) et 22 pour 105 (Norvège). Pour le rectum, en 2008, les incidences sont comprises entre 9 pour 105 (Finlande) et 21 pour 105 (Norvège) chez l'homme et 6 pour 105 (Finlande) et 12 pour 105 (Norvège), la prévision des incidences se base sur l'analyse bayésienne d'un modèle âge-période-cohorte.

La différence de tendance de l'incidence selon le sexe est attribuée à des facteurs hormonaux (effet protecteur de la contraception orale et de l'apparition tardive des règles) (**Dos-Santos-Silva, 1996 ; Martinez, 1997**). La susceptibilité des tumeurs intestinales aux effets protecteurs ou aggravants de l'alimentation est différente selon le sexe et serait également impliquée dans ces disparités hommes femmes (**Faivre, 1997**).

Gregor *et al.* (**Gregor et al, 2001**) on fait un ensemble de prédiction de l'incidence et du nombre de cas incidents de cancer (du poumon, entre autres) pour l'Écosse, jusqu'en 2010-2014. Il s'agit d'un rapport destiné à planifier la prise en charge des cancers en Écosse. Les données d'incidence sont extraites d'un registre (Scottish Cancer Registry). La méthode utilisée (**Alexander, 2001**) est basée sur le modèle âge-période-cohorte de

Clayton et Schiffers (**Clayton, 1987 a et b**) en laissant les effets non linéaires inchangés dans les séries prédites et en incluant ou pas, une dérive. Pour les hommes, ils trouvent, selon le modèle, une stabilisation ou une diminution de l'incidence.

Un travail de prédiction d'incidence du cancer du poumon a été réalisé en Australie dans le cadre d'un rapport sur le cancer également, paru en 1998 (**Australian Institute of Health, 1998**). Les données d'incidence sont extraites de plusieurs registres, réunis au sien de l'Australasian Association of Cancer Registries (AACR). Les projections extrapolent jusqu'en 1999 un ensemble de régressions linéaires calculées, pour les deux sexes séparément, sur les incidences spécifiques enregistrées de 1990 à 1994. Ce travail estime une décroissance de l'incidence du cancer du poumon chez l'homme de 1,5 % par an (entre 1994 et 1999) et une croissance du taux chez la femme de 1,6 % par an. Chez l'homme, l'incidence, standardisée sur la population australienne de 1991, passe de 61,1 pour 105 en 1995 (5150 cas) à 58,6 pour 105 en 1999 (5440 cas). Chez la femme, l'incidence, standardisée sur la population australienne de 1991, passe de 21,4 pour 105 en 1995 (2200 cas) à 22,8 pour 105 en 1999 (2590 cas).

L'antagonisme apparent des incidences et des nombres de cas incidents chez l'homme est dû à la croissance de l'effectif de la population australienne. Le mode de standardisation utilisé dans cette étude (population australienne) ne permet pas de procéder à des comparaisons des taux d'incidence avec l'Algérie, de façon absolue. Il est possible de comparer, par contre, les variations relatives annuelles : pour l'homme, diminution de 1,5 % par an en Australie contre près de 7.2% d'augmentation dans l'Algérie. Les durées des périodes de projection ne sont pas comparables non plus : l'étude australienne a réalisé une projection à court terme (5 ans), par contre ici la période de projection s'étend sur 7ans.

Notre modèle à lissage exponentiel double est maintenant capable de reconnaître une tendance et de l'extrapoler dans le futur. C'est une amélioration majeure par rapport au lissage simple ou la moyenne mobile. Malheureusement, cela comporte un risque.

Notre modèle suppose que la tendance se poursuivra éternellement. Cela pourrait entraîner des problèmes pour les prévisions à moyen/long terme.

Conclusion

Conclusion

Le cancer d'une manière particulière constitue l'un des problèmes majeurs de santé publique en Algérie, il est important de prédire l'évolution de cette maladie afin de pouvoir prendre en charge les patients atteints, d'autant plus que la prise en charge et le traitement supposent les dépenses énormes. Dans ce cas, il est extrêmement important de modéliser adéquatement l'évolution du cancer, dans le but d'éviter les mauvaises prises de décisions. Dans notre travail, une modélisation sur l'évolution de cinq type de cancer a été effectuée, nous avons utilisé une modélisation qui traduit une analyse sous forme de séries temporelles par le logiciel *MINITAB17.1*. Le domaine des séries temporelles est en pleine expansion et les notions présentées dans notre travail ne constituent qu'une petite partie des connaissances actuelles sur le sujet. Une approche de résolution de la problématique ont été étudiées, mises en œuvres la méthode de lissage exponentiel double, qui nous permet en premier temps d'analyser nos données et de prédire la variation des cancers dans le futur proche, et de prédire le nombre de nouveau cas pour chaque type de cancers.

Nous avons conclure que le nombre de nouveau cas des cinq type de cancer augmenter durant la période 2014-2019,et notre modèle a prédit que le nombre de nouveau cas vont augmenter pour la période 2020-2022, et après la comparaison entre les données réelle et celle prédites pour l'année 2020, on conclure que notre modèle de prédiction est validé. Cette tendance ascendante et négative dans le champ médical et le paysage sanitaire, a fait naitre une certaine conscience humaine, personnelle, publique et politique ; pour une prise en charge précoce et adéquate, à travers notamment l'octroi de moyens financiers, humains et technologiques considérables, dans une stratégie nationale dans la prévention, la détection et la thérapie. Au terme de notre travail, nous invitons à généraliser la modélisation des pathologies dans le domaine médical à savoir les pathologies cancéreuses et chroniques, approfondir l'étude en prenant en compte plusieurs paramètres (sexe, Age, la région, facteurs de risque...)

**Les
Références
bibliographiques**

Bibliographie :

Agnès L. (lagnoux@univ-tlse2.fr). Séries chronologiques : Cours ISMAG MASTER 1 - MI00141X, Université de Toulouse.

Alexander FE., Stockton D., Harvey C. (2001). Appendix I: Materials and statistical methodology. In Scottish Executive Health Department. Cancer scenarios: an aid to planning cancer services in Scotland in the next decade. R. Black, D. Stockton eds. The Scottish Executive, Edinburgh:; 342-349

Ammokrane I. (2018). <https://www.liberte-algerie.com/actualite/plus-de-29000-deces-en-algerie-en-2018-300373>

Aragon Y. (2011). Séries temporelles avec R. Méthodes et cas. Springer, Paris.

Aus G., Hugosson J., Norlén L. (1995). Long-term survival and mortality in prostate cancer treated with non-curative intent. J. Urol (154): 460-465.

Australian Institute of Health and Welfare (AIHW) and Australasian Association of Cancer Registries (AACR). Cancer in Australia 1991-1994 (with projections to 1999). Canberra: 1998. AIHW (Cancer Series N° 7). 90 p.

Boffetta P. (2006). Human cancer from environmental pollutants: the epidemiological evidence. Mutat Res (608):157-162.

Bouzid K. (2013). Cancer des chiffres record pour l'Algérie. Santé-MAG, p15-37.

Bouzid K. (2019). Cancer : 20.000 décès chaque année recensés à travers le pays, marge de la 3^{èmes} journées nationales d'oncologie médicale à Skikda.

Capocaccia R., De Angelis R., Frova L., Gatta G., Sant M, Micheli A et al. (1997). Estimation and projections of colorectal cancer trend in Italy. Int J Epidemiol;26:924-32.

Chaouli I., Rahmouni R. (2016). Utilisation Du Cetuximab Dans le cancer colorectal métastatique aux niveaux du CAC de Sétif. Thèse médicale 2016.

Clayton D., Schiffers E. (1987). Models for temporal variation in cancer rates. I. Age-period and age-cohort models. Stat Med;6:449-67.

Dos-Santos-Silva I., Swerdlow AJ. (1996). Sex differences in time trends of colorectal cancer in England and Wales: the possible effect of female hormonal factors. Br J Cancer; 73:692-7.

Drouin SJ., Roupret M. (2009). Epidémiologie, diagnostic et pronostic du cancer de prostate localisé. Etat des lieux progrès en urologie, 9(2) : 0081-0089.

Earnest A., Evans SM., Sampurno F., et al. (2019). Forecasting annual incidence and mortality rate for prostate cancer in Australia until 2022 using autoregressive integrated moving average (ARIMA) models. *BMJ Open*;9:e031331. doi:10.1136/bmjopen-2019-031331

Engeland A., Haldorsen T., Tretli S et al. (1993). Prediction of cancer incidence in the Nordic cancer registries [Report]. A collaborative study of the five Nordic cancer registries. *APMIS Suppl*;101.

Faivre J., Boutron MC., Senesse P et al. (1997). Environmental and familial risk factors in relation to the colorectal adenoma-carcinoma sequence: results of a case-control study in Burgundy (France). *Eur J Cancer Prev*;6:127-31.

Faivre J., Vicari F., Gay G. (2001). Epidémiologie et prévention du cancer colorectal. Springer digest; p 287-97.

Fraser et Pare. (1989). The solitary pulmonary nodule. In diagnosis of disease of the chest. Saunders Compagny, Philadelphia (3): 1383-1411.

Gregor A., Milroy R. (2001). Lung cancer. In Scottish Executive Health Department. Cancer scenarios: an aid to planning cancer services in Scotland in the next decade. R. Black, D. Stockton eds. The Scottish Executive, Edinburgh;:64-81.

Hamdi Cherif M., Bidoli E., Birri S et al. (2015). Cancer estimation of incidence and survival in Algeria 2014. *J Cancer Res Ther* 3(9):100-2.

Hamdi Cherif M., Bidoli E., Birri S et al. (2015). Cancer estimation of incidence and survival in Algeria 2014. *J Cancer Res Ther* 3(9):100-104.

Hemelt M., Yamamoto H., Cheng KK., Zeegers M. (2009). The effect of smoking on the male excess of bladder cancer: A meta-analysis and geographical analyses. *Int J Cancer*. 124(2):412R419.

Hill C., Doyon et al. (2004). The frequency of cancer in France in year 2002, end tends since 1968. *Bull cancer* 93: 7-11.

Hristova L., Dimova I., Iltcheva M. (1997). Projected cancer incidence rates in Bulgaria, 1968-2017. *Int J Epidemiol*;26:469-75.

- Kasraoui M., Nzisabira C. (2017).** *Etude et modélisation d'une évolution d'une pathologie.* Travail de diplôme en vue de l'obtention du diplôme de master professionnel en mathématiques appliquées à la gestion, Département mathématique, université MOULOUD Mammeri, Tizi Ouzou.
- Kessler LG., Feuer EJ., Brown ML.(1991).** Projections of the breast cancer burden to US women:1990-2000. *Prev Med*;20:170-82.
- Mahnane A., Hamdi Cherif M. (2012).** *Épidémiologie du cancer du sein en Algérie.* Registre du Cancer de Sétif. Laboratoire Santé Environnement des Hauts Plateaux Sétifiens.
- Mamoudou G., Salamatou Hami H., Soulaymani A., Quyou A., Mahamadou Z., Harouna Nouhou H. (2014) .** Les cancers digestifs au Niger. Fréquence relative sur une étude retrospective de 1992 à 2009. *European Scientific Journal* March 10: 339-349.
- Margel D. (2011).** cancer de la prostate. BMT open France.
- Nicole M. (2008).** Généralité sur le cancer. Formation continue AS en cancérologie.
- OMS. (2016).** Lutte contre le cancer dans le cadre d'une approche intégrée : Rapport du Secrétariat, Organisation Mondiale de la Santé, Conseil Exécutif, Cent quarantième session, EB 140/31.
- OMS. (2018).** <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/cancer>
- OMS. (2018).** Dernières données mondiales sur le cancer : le fardeau du cancer atteint 18,1 millions de nouveaux cas et 9,6 millions de décès par cancer en 2018, Organisation Mondiale de la Santé : Communiqué de Presse N° 263.
- Parkin DM., Bray FI., Devesa SS. (2001).** Cancer burden in the year 2000. The global picture. *Eur J Cancer* 37(suppl8): S4–66.
- Remontet L., Esteve J et al. (2003).** Cancer incidence and mortality in France over the period 1978 2000, *Rev Epidemiol sante publique* 51: 3-30.
- Sigurdsson K, Adalsteinsson S, Ragnardsson J.(1991).** Trends in cervical and breast cancer in Iceland. A statistical evaluation of trends in incidence and mortality for the

period 1955-1989, their relation to screening and prediction to the year 2000. Int J Cancer;48:523-8.

Silvestri GA., Gonzalez AV., Jantz MA., Margolis ML.,Gould MK., Tanoue LT., Harris LJ., Detterbeck FC. (2013). Methods for Staging non-small cell lung cancer: Diagnosis and management of lung cancer. 3rd Ed.; American College of Chest Physicians Evidence-based clinical practice guidelines 5: 211-250.

Terki.I. (2018). <http://www.lexpressiondz.com/actualite/295955-le-cancer-progresse-en-algerie.html>

Tellouche S. (2011). étude de la relation entre le polymorphisme C677T de la méthyltétrahydrofolate réductase (MTHFR) et le risque du cancer de la prostate 144-215.

U.S. (2010). Department of Health and Human Service: How Tobacco Smoke Causes Disease: The Biology and Behavioral Basis for Smoking-Attributable Disease: A Report of the Surgeon General. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. Office on Smoking and Health.

Vioque J., Navarro Gracia JF., Millas Ros J. (1993). Mateo de las Heras E. Evolución y predicción de la incidencia de cáncer de mama en Zaragoza, 1961-2000. Med Clin (Barc);101:12-7.

Zitouni M., Amoukrane., Cherf-Bouzida. (2014). Plan national cancer 2015-2019: nouvelle vision stratégique centrée sur le malade. Algérie : ANDS, 13-62.

Sites Web:

Anonyme I: <http://umc.edu.dz/index.php/fr/articles-a-lire/198-la-prolifération-du-cancer-en-algerie-egalera-celle-des-pays-avancées-durant-les-5-prochaines-années>

Anonyme II: <https://www.ibm.com>

**Les
annexes**

Pour la prédiction du nombre de nouveau cas de cancers en Algérie couvrant la période 2020-2022, notre modèle nécessite de passer par plusieurs étapes afin d'appliquer la méthode de double lissage exponentiel pour donner une bonne prévision:

En premier temps notre modèle traite les données par un simple lissage exponentiel, ensuite il est effectué une étude de moyenne mobile de chaque type de cancer pour tracer des graphes, et de passer par une analyse des tendances pour chaque type, et de donner des modèles des équations de tendance linière, ces dernières variées en fonction de temps, qui permet à notre modèle de calculer le nombre de nouveau cas pour chaque type.

Annexe I : les graphiques d'analyse des tendances pour les cinq types des cancers

Les figures au-dessous montrent les différentes courbes de tendance réelle (en bleu), ajuster (en rouge) et prédite (en vert), qui représente le nombre de nouveau cas diagnostiqué et enregistré en Algérie durant la période 2014-2019 en fonction de leur indice.

Les figurez représentent aussi les différentes équations (Modèle de tendance linière) de chaque type de cancer.

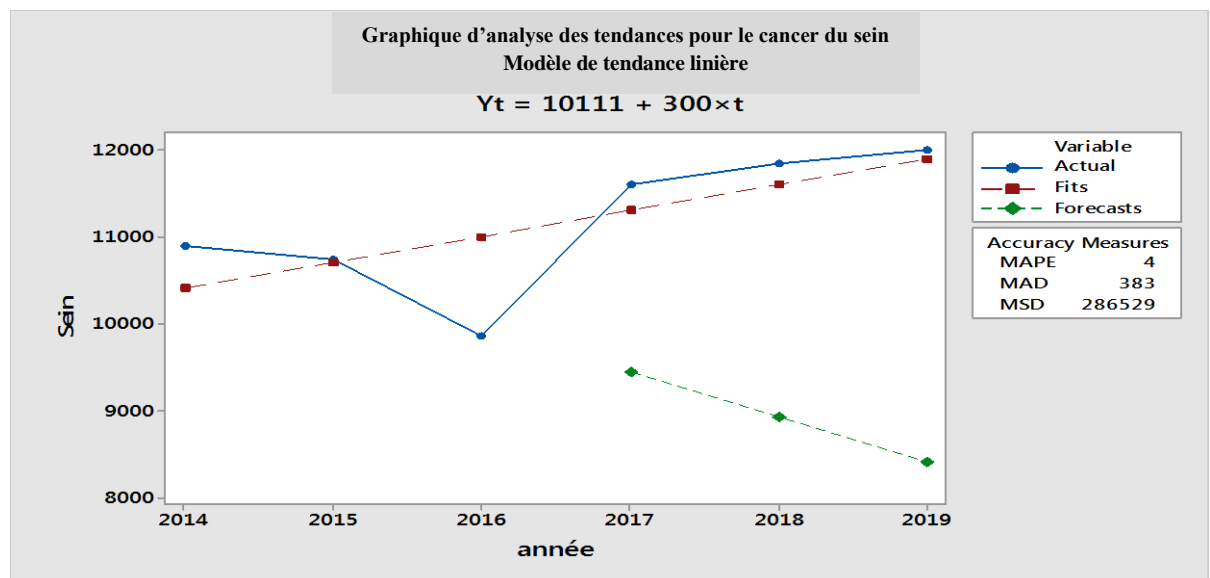


Figure 01 : Graphique d'analyse des tendances pour le cancer du sein de 2014 à 2019.
(Minitab17.1 (2021))

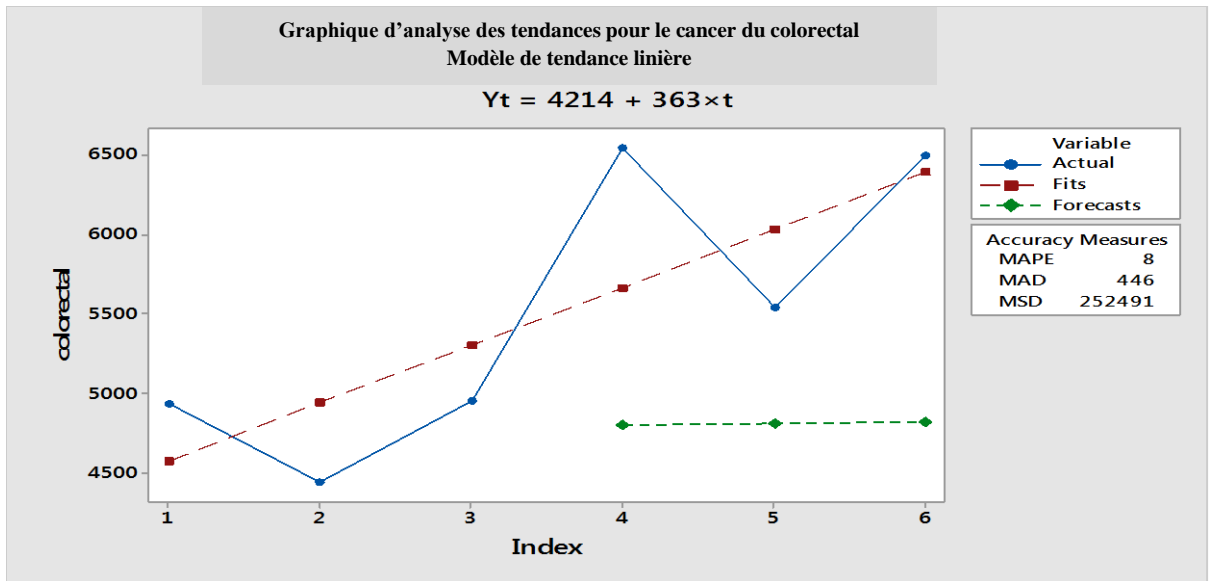


Figure 02 : Graphique d'analyse des tendances pour le cancer colorectal de 2014 à 2019.
(Minitab17.1 (2021))

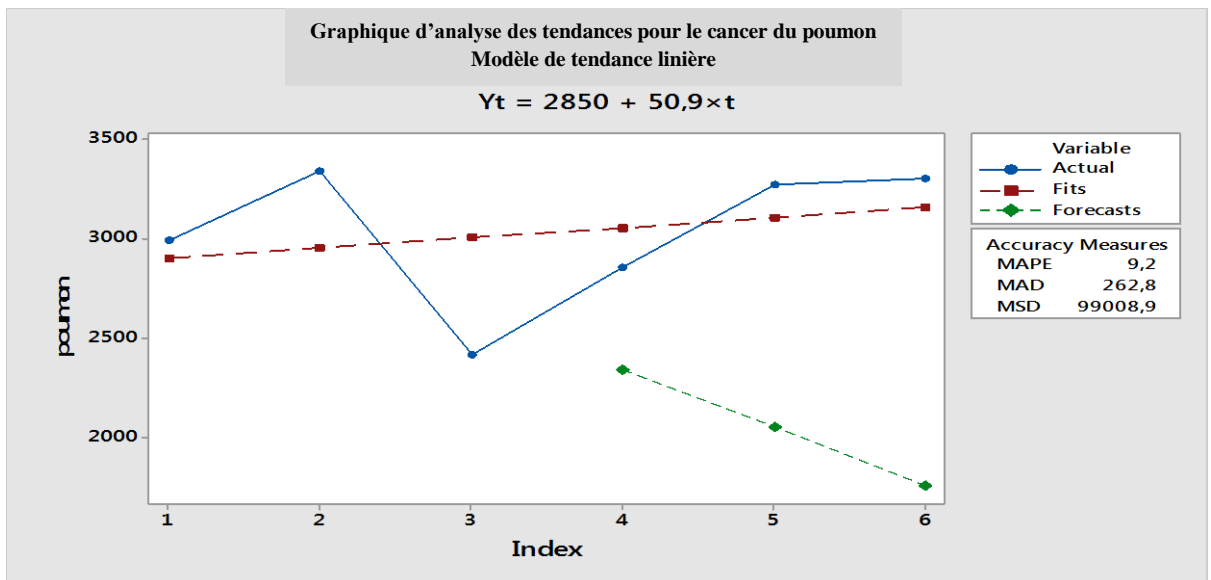


Figure 03: Graphique d'analyse des tendances pour le cancer du poumon de 2014 à 2019.
(Minitab17.1 (2021))

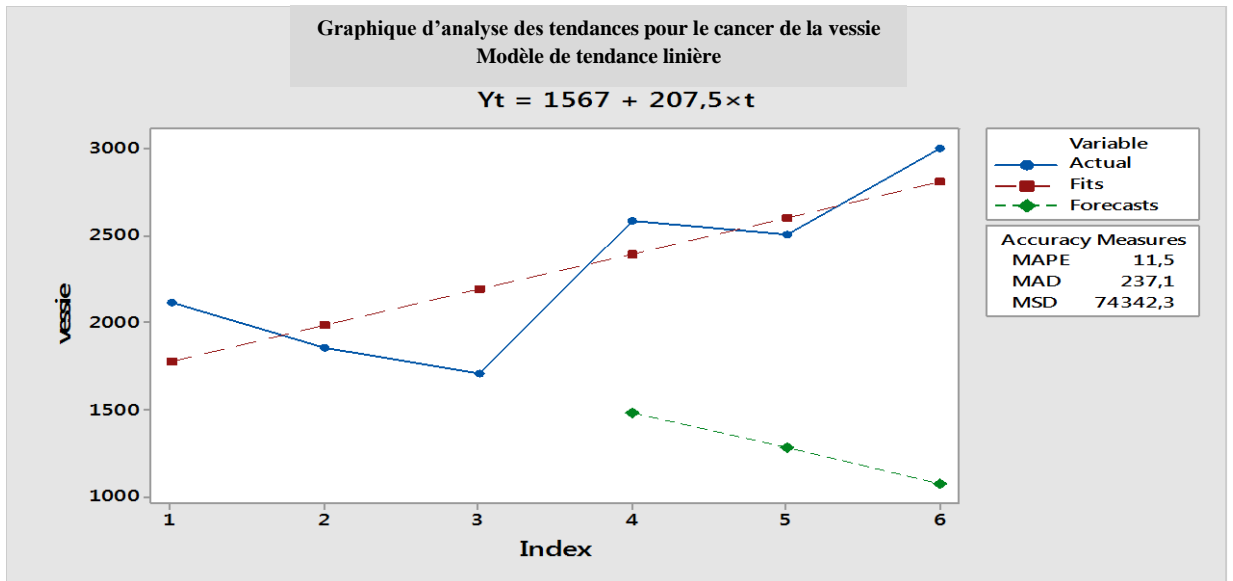


Figure 04 : Graphique d'analyse des tendances pour le cancer de la vessie de 2014 à 2019.
(Minitab17.1 (2021))

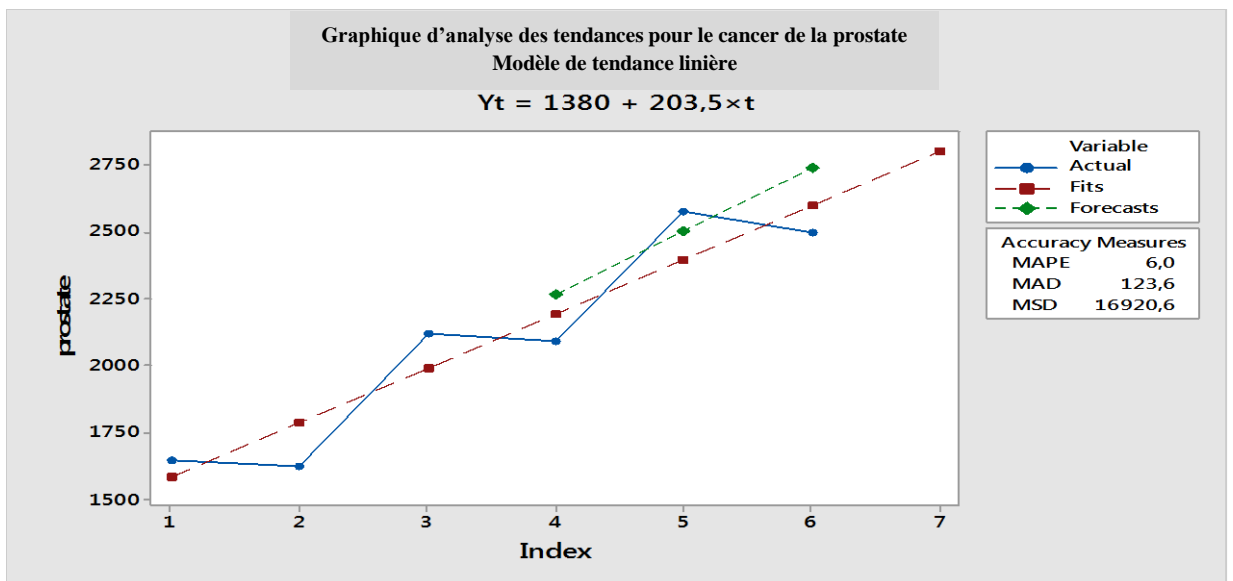


Figure 05: Graphique d'analyse des tendances pour le cancer de la prostate de 2014 à 2019.
(Minitab17.1 (2021))

Annexe II : les graphiques de moyenne mobile des cinq types des cancers

Les figures suivantes montrent les différentes courbes de moyenne mobile réelle (en bleu), ajustée (en rouge) et prédite (en vert), qui représente le nombre de nouveau cas de chaque type de cancer diagnostiqué et enregistré en Algérie durant la période 2014-2019.

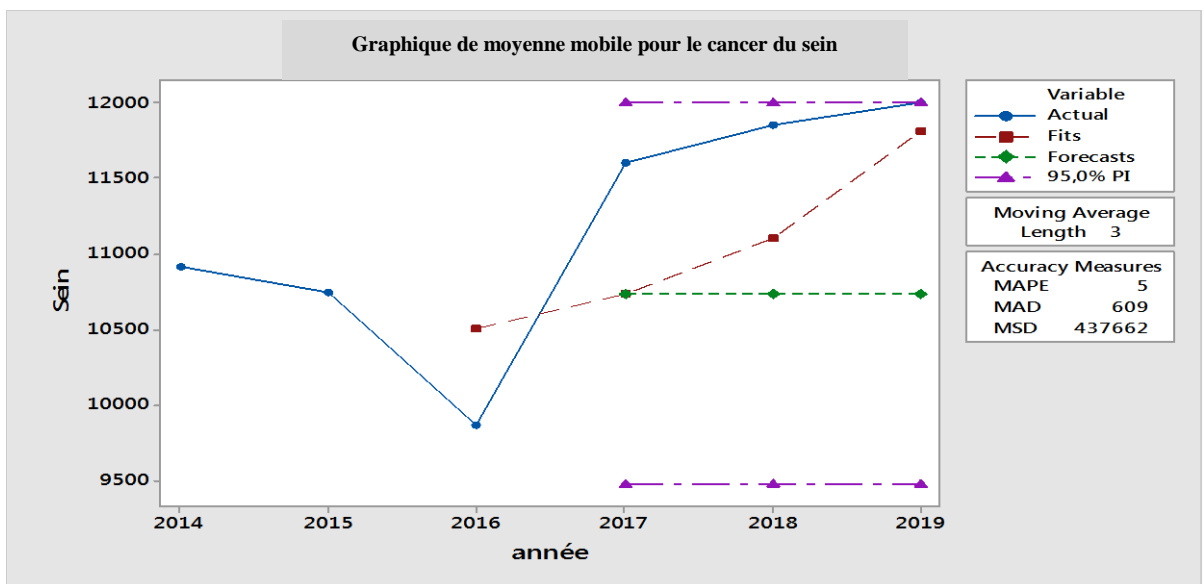


Figure 06: Graphique de moyenne mobile pour le cancer du sein de 2014 à 2019 (*Minitab17.1 (2021)*)

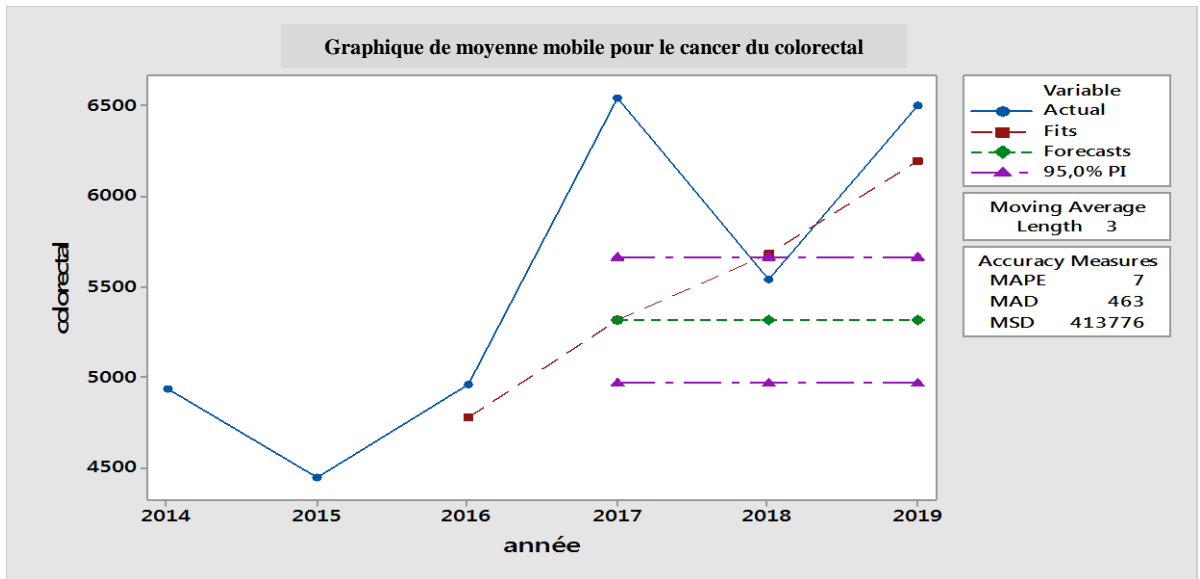


Figure 07 : Graphique de moyenne mobile pour le cancer du colorectal de 2014 à 2019.
 (Minitab17.1 (2021))

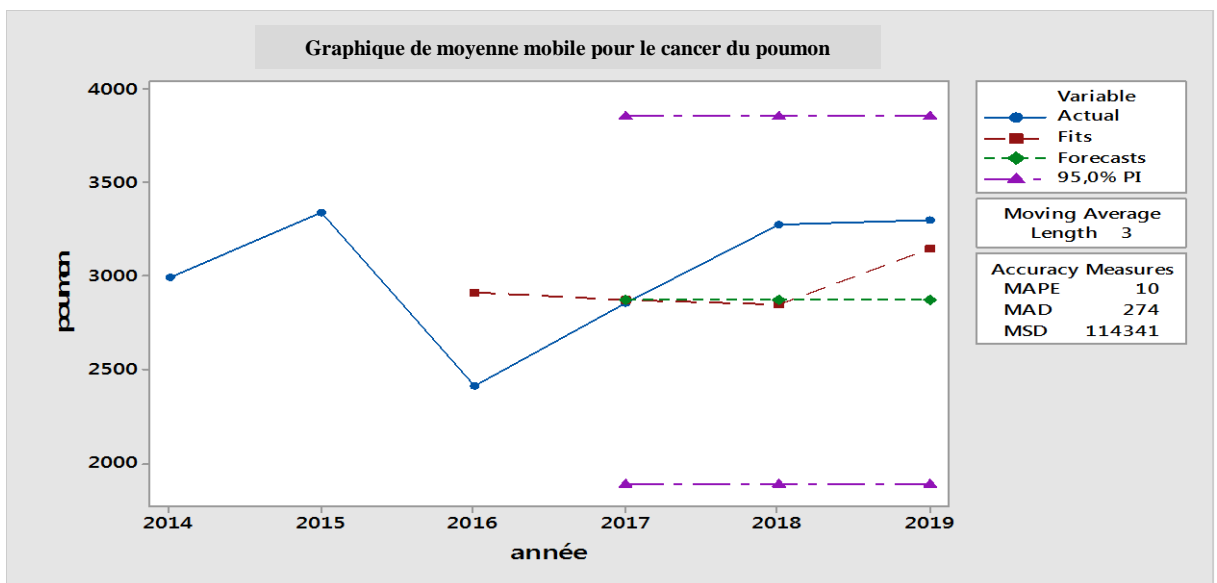


Figure 08: Graphique de moyenne mobile pour le cancer du poumon de 2014 à 2019.
 (Minitab17.1 (2021))

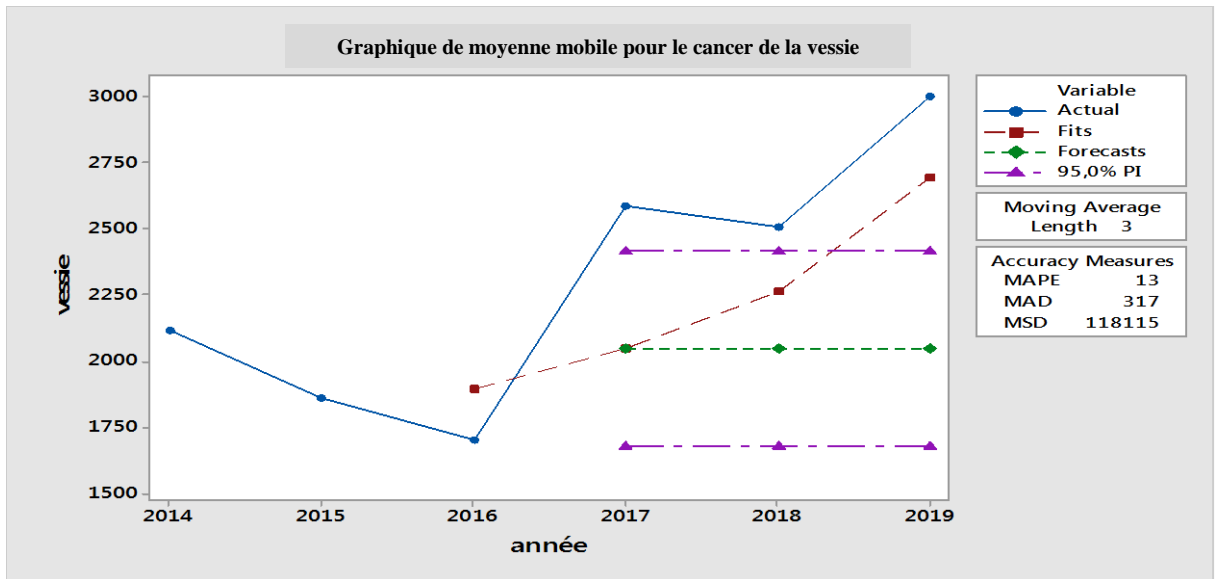


Figure 09: Graphique de moyenne mobile pour le cancer de la vessie de 2014 à 2019.
(Minitab17.1 (2021))

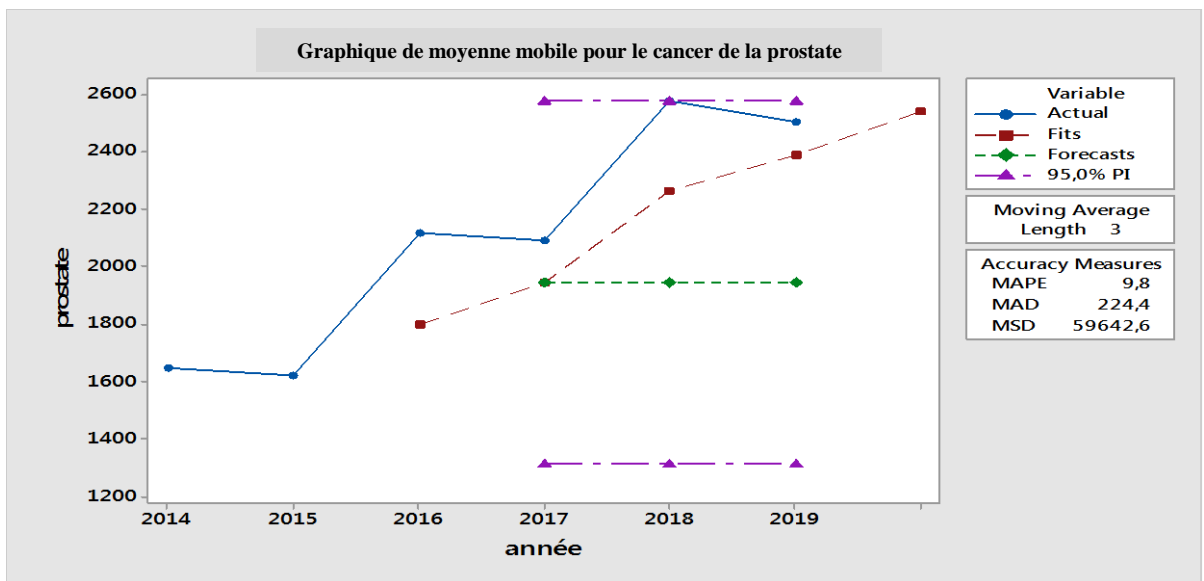


Figure 10: Graphique de moyenne mobile pour le cancer de la prostate de 2014 à 2019.
(Minitab17.1 (2021))

Résumé :

On a toujours voulu prévoir les valeurs futures afin de prendre des décisions sur la stratégie qui sera suivie à l'avenir. Connaître le futur, ou du moins avoir une idée du futur est l'un des soucis de l'Homme depuis toujours.

Notre mémoire portera sur la modélisation de l'évolution de quelques types des cancers sur la période allant de 2014 à 2019, pour cela on utilisera des modèles des séries temporelles qui constituent un aspect important de l'application de la statistique, et cela en vue de prévoir le taux d'incidence de cette pathologie mortelle et la prédiction de nombre de malades à prendre en charge en matière de suivi et de traitement à l'échelle national et pour une période de 2 à 3 ans. Pour aboutir à cela on a utilisé la méthode de lissage exponentiel double.

Les résultats des analyses effectuées ont révélé que le nombre de cas diagnostiqué et enregistré durant la période d'étude est augmenté en fonction de temps, et notre modèle de prévision est validé puisque on a des bonnes prédictions pour la période 2020-2022.

Mots clés : cancers, analyse, série temporelle, prédiction, lissage exponentiel double.

Abstract

We always wanted to predict future values in order to make decisions on the strategy that will be followed in the future. Knowing the future, or at least having an idea of the future, has always been a concern of man.

Our thesis will focus on the modeling of the evolution of some types of cancer over the period aspect of the application of statistics, and that in view to predict the incidence rate of this fatal pathology and the prediction of the number of patients to be supported in terms of monitoring and treatment at the national level and for a period of 2 or 3 years. To achieve this we used the double exponential smoothing method.

The results of the analyzes carried out revealed that the number of cases diagnosed and recorded during the study period is increased as a function of time, and our forecast model is validated since we have good prediction for the period 2020-2022.

Keywords: cancer, analysis, time series, prediction, double exponential smoothing.