استخدام النماذج الرياضية لمعرفة درجة خطورة جائحة كورونا في الجزائر للفترة الممتدة من (2020/03/01 إلى 2020/04/10)

Use of mathematical models to determine the severity of the Corona pandemic in Algeria for the period (01/03/2020 to 10/04/2020)

بداوي محمد[1]، شعلاني صلاح الدين[2]

Badaoui Mohamed[1], Chalani Salah ed dine[2]

[1] جامعة عمار ثليجي، الأغواط، (الجزائر)، m.badaoui@lag-univ.dz

[2] جامعة علي لونيسي، البليدة2، (الجزائر)، salah.chalani@gmail.com

تاريخ الاستلام: 2020/05/14 تاريخ القبول: 2020/06/04 تاريخ النشر: 2020/06/30

ملخص: تمر البشرية جمعاء في هذه الفترة بحالة غير متكررة بالتاريخ الحديث على الأقل؛ وعلى جميع الأصعدة من جراء انتشار ما يدعى بفيروس كورونا الذي تسبب في حالة اضطراب عالمية مست جميع الدول المتطورة والنامية والمتخلفة على سواء، وعلى غرار تلك الدول نجد الجزائر تعاني من التبعات التي أحدثها هذا الوباء. في نفس السياق يجتهد العلماء والباحثين باختلاف تخصصاتهم لمعرفة أسباب وطرق انتشار هذا الفيروس وحتى سلوكه، بدورنا نحن نسعى في هذا الإطار لدراسة سلوك هذا الفيروس من خلال ما يعرف بنمذجة الأوبئة التي تهدف إلى الفهم الأمثل لانتشار المرض أو الوباء، وهي تساعد علماء الأوبئة بقضايا أساسية هامة جداً مثل: التنبؤ بسرعة وحجم انتشار الوباء، مدى فعالية استراتيجية التدخل، اختبار الفرضيات حول انتقال المرض، تدابير الرقابة واثار الهجرة ...الخ. ولهذا سنستخدم ما يدعى بنموذج ***SIR*** في دراسة خطورة وانتشار جائحة كورونا في الجزائر في الفترة بين (2020/03/01 إلى غاية 2020/04/10) من خلال معرفة معلمة مهمة تدعى بـ " معدل التكاثر *R0* " التي تحدد سرعة انتشار الفيروس، إضافة إلى حساب معدل إصابة الحالة *CFR* التي تحدد خطورة هذا الوباء في البداية وبناء على ذلك تحديد الخطورة المحيطة بالسكان.

كلمات مفتاحية: وباء، فيروس، نمذجة، انتشار، خطر.

Abstract: *The United Nations is the only country in the world that has been able to overcome the crisis. In the same context, scientists and researchers of all disciplines strive to find out the causes and methods of the spread of this virus and even its behavior. In our turn, we seek to study the behaviour of this virus through what is known as epidemiological modelling aimed at optimalunderstanding of the spread of the disease or epidemic, and it helps epidemiologists with very important fundamental issues such as: predicting the speed and magnitude of the spread of the epidemic, the effectiveness of the intervention strategy, testing hypotheses about transmission of the disease, control measures and the effects of migration ... Etc. This is why we will use the so-called SIR model to study the severity and spread of the Corona pandemic in Algeria between 01/03/2020 and 10/04/2020 by identifying an important parameter called the 'R0 reproduction rate' that determines the speed of the spread of the virus, in addition to calculating the rate of CFR infection that determines the severity of this epidemic in beginning, and accordingly determines the risk surrounding the population.*

Keywords*: Epidemic, virus, Modeling, Spread, Risk.*

المؤلف المرسل: شعلاني صلاح الدين، الإيميل: salah.chalani@gmail.com

1. مقدمة:

ارتبط ظهور علم الأوبئة بأولى الدراسات التي عالجت تأثير اللقاحات على شفاء المريض، و يعود استخدام اللقاحات إلى القرن الحادي عشر الميلادي، حيث استخدمه الهنود والصينيون تحت مسمى التجدير، لكن دراسة تأثير هذه اللقاحات لم تظهر في الوجود إلا في سنة 1760 في مؤتمر باريس، حيث قدم العالم السويسري دانييل برنولي (ابن يوهان برنولي هو كذلك عالم رياضي و فيزيائي كبير وابن أخ يعقوب برنولي مؤسس علم الاحتمالات) نموذجا رياضيا خاصا بجدري البقر، كانت هذه هي الانطلاقة الأولى في ظهور علم الأوبئة، وأستنتج برنولي أن استخدام اللقاحات تزيد العمر المتوقع عند الولادة بثلاث سنوات.

وقد تم إجراء أول اختبار بين عامي 1770-1791 للتأكد من فعالية اللقاح في أوروبا، حيث اختير ستة أشخاص لحقنهم بلقاح مضاد لجدري البقر، بينهم طفل، وبعد ثلاثة أشهر تبين أن الطفل أصبح غير مرشح للإصابة بهذا المرض على الإطلاق. ومنذ ذلك الوقت عممت تجربة اللقاحات في كل أوروبا، وأصبحت تجرى دراسات واختبارات للحصول على لقاحات لأمراض كانت منتشرة آنذاك كالسل والسعال الديكي، والكوليرا، حيث نجحوا في إنتاج لقاحات ساهمت في القضاء على هذه الأوبئة. (شيماء جاسم السلطاني، 2017)

إن الهدف من نمذجة الأوبئة هو الفهم الأمثل لانتشار المرض أو الوباء، وهي تساعد علماء الأوبئة بقضايا أساسية هامة جداً مثل: التنبؤ بسرعة وحجم انتشار الوباء، مدى فعالية استراتيجية التدخل، اختبار الفرضيات حول انتقال المرض، تدابير الرقابة واثار الهجرة ...الخ ، وقد استخدمت عدة نماذج لذلك من أجل: توقع فعالية التلقيح الشامل- توقع فعالية تلقيح مجموعات سكانية فرعية- وضع عتبات لتغطية اللقاحات للقضاء على المرض، كما استخدمت نماذج أخرى في تخطيط وتنفيذ وتقييم برامج الكشف والسيطرة والوقاية، حيث يتوقف انتشار الأمراض المعدية على: السكان المعرضين للخطر و السكان المصابون بالعدوى، أسلوب الإرسال أو الانتقال.

قبل التطرق لصلب موضوع بحثنا حول جائحة فيروس كورونا في الجزائر وجب اولا تناول مفهوم المعادلات التفاضلية وما يرتبط به من أساليب رياضية.

2. المعادلات التفاضلية:

نسمي كل معادلة تفاضلية كل معادلة تحتوي على مشتق واحد على الأقل، فإذا كان $y = f(x)$ تابعا بمتغير حقيقي واحد فأن المعادلة التي تحوي على هذا التابع ومشتقاته تسمى معادلة تفاضلية عادية ، وإذا كان $z = f(x, y)$ تابعا لعدة متغيرات(هنا متغيرين x و y) فأن المعادلة التي تحوي على هذا التابع ومشتقاته الجزئية تسمى معادلة تفاضلية جزئية.(سعود وعيسى، 2009، 67)

1.2 المعادلات التفاضلية العادية:(les équations différentielles ordinaires) :

1.1.2 **تعريفها:** هي معادلة من الشكل $f(x, y, y', y'', ..., y^{(n)})$.

2.1.2 **مرتبة ودرجة معادلة تفاضلية:**

المرتبة (**ordre**)هي مبنية على عدد الاشتقاقات، والدرجة هي أكبر أس لأكبر مشتق يظهر في المعادلة[1]، مثلا:

$y' + y = 5$ من المرتبة الأولى والدرجة الأولى.

3.1.2 **تصنيف المعادلات التفاضلية العادية**

ويمكن تصنيف المعادلات التفاضلية العادية إلى الأنواع الأتية:

المعادلات التفاضلية من الرتبة الأولى وتنقسم إلى ما يلي:

أ. المعادلات التفاضلية من الرتبة الأولى ذات متغيرين منفصلين وهي من الشكل التالي (Bronson، 01):

$$g(y)y' = f(x)$$

ب. المعادلات التفاضلية المتجانسة من الرتبة الأولى وهي من الشكل التالي (بابا حامد، 2013، 74):

$$(E): y' = f\left(\frac{y}{x}\right)$$

ج. المعادلات التفاضلية المستخدمة في علم الأوبئة:

- **نموذج أولير – مالتيوس** Modèle Euler – Malthus:

إن أولى الأعمال معروفة باسم أولير (1707-1783) (بحوث عامة حول وفيات وتضاعف الجنس البشري (1760))، وعلى وجه الخصوص قام أولير بحساب عدد سكان مدينة أو مقاطعة

لمدة سنة معينة، وجد أن السكان P_n لسنة **n**لها علاقة تراجعية $P_{n+1} = \lambda P_n$ ، والذي يقود نحو متتالية هندسية مع أساس $\lambda > 1$ ، وهذا يعطي نمو سريع.

ويمكننا أيضا إعطاء نموذج زمني مستمرا لهذه الظاهرة بافتراض أن عدد السكان يتزايد، حيث $P'(t)$ يتناسب مع $P(t)$ ، نحصل على معادلة تفاضلية $P'(t) = \lambda P(t)$ ، وبعد حلها نجد : $P(t) = Ce^{\lambda t}$

فكرة التزايد الأسي لمجتمع ما؛ تم تطويرها سنة 1798 من قبل روبرت مالتيوس (1766-1834)، بحيث قاد تحليله إلى نمذجة مجتمع سكاني، ووضح تزايده يتم وفق متتالية هندسية، في حين ان تزايد الموارد الطبيعية يتم وفق أساس متتالية حسابية.

- **نموذج فيرهلست Verhulst**

تم تطوير النموذج المالتيوسي سنة 1840 من قبل فيرهلست (1804-1849) ، حيث اقترح النموذج اللوجيستي، كان المبدأ بسيط بحيث أن تزايد المجتمع يتناسب مع المجتمع بالنسبة للقيم الصغيرة ،عند النمو تظهر العوامل المحددة (المكان ، كمية الغذاء المتوفرة،....)، من الذي يجعلها تحقق كمية أكبر من حجم السكان **m** ، فيرهلست افترض ان الزيادة P' لمجتمع P تتناسب مع الكمية $P(m-P)$ ،هذا النموذج سمح بإعطاء توقع لحجم السكان لفرنسا سنة 1930 بـ40 مليون نسمة (سنة الأساس 1837) ، هذه التوقعات تتسم بالدقة نوعا ما لأن تعداد سكان فرنسا في سنة 1931 بلغ 41.5 مليون نسمة ، ويتمثل النموذج اللوجيستي كما يلي: (Boularas et al، 2009، 37)

$$\frac{dP}{dt} = r\left(1-\frac{P}{K}\right)P \quad , \quad t \geq 0 \quad , \quad P(0) = P_0$$

حيث K تسمى القدرة الاستيعابية، حل هذه المسألة مع القيمة الابتدائية هو كما يلي:

$$P(t) = \frac{P_0 K}{P_0 + (K - P_0)e^{-rt}}$$

- **ملاحظة**: كلا النموذجين (الأسي واللوجيستي) مستخدم بشكل كبير في علم الأوبئة، لا بأس أن نوضح كيفية إيجاد معادلة النموذج اللوجيستي، حيث كان الحل بعد استخدام طريقة فصل المتغيرات.

$$\frac{dP}{dt} = r\left(1-\frac{P}{K}\right)P \quad , \quad t \geq 0 \quad , \quad P(0) = P_0$$

$$\int \frac{dP}{\left(1-\frac{P}{K}\right)P} = \int r dt$$

$$\therefore \frac{1}{\left(1-\frac{P}{K}\right)P} = \frac{K}{P(K-P)} = \frac{1}{P} + \frac{1}{(K-P)}$$

$$\therefore \int \frac{dP}{P} + \int \frac{dP}{(K-P)} = \int r dt$$

$$\therefore Ln|P| - Ln|K-P| = rt + C$$

$$\therefore Ln\left|\frac{K-P}{P}\right| = -rt - C$$

$$\therefore \left|\frac{K-P}{P}\right| = e^{-rt-C}$$

$$\therefore \frac{K-P}{P} = Ae^{-rt} \quad , \quad \left(A = \pm e^{-C}\right)$$

$$\therefore P = \frac{K}{1+Ae^{-rt}} \quad ; \quad A = \frac{K-P_0}{P_0}$$

- **نموذج SIR:**

$$\begin{aligned}
\frac{dS}{dt} &= -\beta\frac{SI}{N} - \nu S \\
\frac{dI}{dt} &= \beta\frac{SI}{N} - \gamma I \\
\frac{dR}{dt} &= \gamma I + \nu S \\
N &= S + I + R
\end{aligned}$$

استخدم نموذج **SIR** في بداية الثمانينات من القرن الماضي اثرى تفشي فيروس الايدز، فكرته الأساسية بسيطة وهي أن هناك ثلاث مجموعات من الأشخاص: الذين يتمتعون بصحة جيدة ومعرضون للإصابة بهذا المرض**(S)**، والمصابين **(I)**، و الأشخاص الذين تعافوا **(R)**، وهناك عدة نماذج أخرى تستخدم في علم الأوبئة لنمذجة انتشار وباء معين تعتبر امتداد لنموذج **SIR** منها : **SEIR**و **SEIR** الموسع، يختلف نموذج **SEIR** عن نموذج **SIR** في إضافة فترة الكمون أو فترة الحضانة **E**.

لنمذجة تحركات انتشار المرض حسب نموذج **SIR** نحتاج إلى ثلاثة معادلات تفاضلية نبينها كما يلي:

أما بخصوص المعلمات: بيتا وغاما ونيو فتتمثل كما يلي:

- بيتا **Beta**: يمثل معدل انتقال المرض عن طريق الاتصال بين الأفراد المعرضين للإصابة. غاما **-Gamma**: يمثل معدل التعافي من الاصابة.

- نيو **Nu** : المعدل الذي يتم فيه تطعيم المعرضين للإصابة.

- **افتراضات نموذج SIR:** هذا النموذج يكون ملائم للاستخدام تحت الافتراضات التالية:(كاثرين ودعاء، 2017)

أ- عدد السكان يكون ثابت.

ب- الطريقة الوحيدة التي يمكن للشخص ترك المجموعة المعرضة هو عندما يكون مصابا وكذلك الطريقة الوحيدة التي يمكن للشخص ترك المجموعة المصابة هو عندما يكون متعافا من المرض وبمجرد أن يتعافى الشخص سيكون قد تلقى مناعة كاملة.

ج- لا يؤثر العمر والجنس والوضع الاجتماعي والعرق على احتمال الاصابة.

د- ليس هناك مناعة مورثة.

هـ- أي شخص من السكان لديه نفس التفاعل مع أي شخص آخر وبنفس الدرجة).

3. جائحة فيروس كورونا في الجزائر2020:

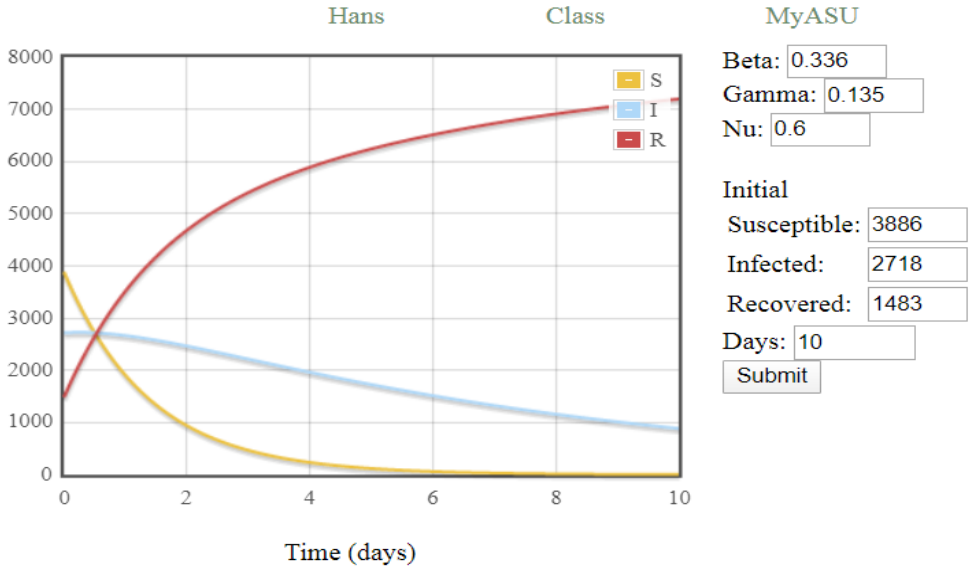
انتشرت جائحة فيروس كورونا لعام 2020 في الجزائر ابتداءً من 25 فبراير 2020، عندما فُحص ايجابيًا بمرض فيروس كورونا 2 المرتبط بالمتلازمة التنفسية الحادة الشديدة (**SARS-CoV-2**) لعينة من مواطن إيطالي، ثم كُشف عن حالات أخرى مصابة بكوفيد-19، وقد بلغ مجموع الحالات المؤكدة في الجزائر 2718 حالة من بينها 384 وفاة حتى 20 أبريل 2020، واحتلت ولاية البليدة الصدارة بـ 677 حالة مؤكدة وتلتها ولاية الجزائر بـ 455 حالة.

1.3 تطبيق نموذج SIR على حالة الجزائر:

وفق الاحصائيات المقدمة إلى غاية مساء يوم (2020/04/20) بلغ العدد كما يلي: 2718 مصاب، 384 متوفي، 1099 معافى، أما العدد تحت الحجر المعلن عليه هو 3886 شخص، بفرض أن الشعب(السكان) التزم بقواعد الحجر كم يكون تقدير العدد المصاب والعدد المعافى وكذلك كم يكون تقدير الوفيات. النماذج الرياضية المطبقة في علم الأوبئة تعطينا بعض التقدير، (ولتطبيق) لنطبق نموذج **SIR** لنمذجة تحركات انتشار المرض نحتاج إلى ثلاث معادلات تفاضلية (مذكورة سابقا)، بعد تطبيقنا على خوارزمية جاهزة موجودة في النت) **Global Health - SIR Model**، علما أن البرامج الرياضياتية تقوم بنفس المهمة (ماتيماتيكا، مابل، ماتلاب،...) للمعطيات الأتية: **2718** مصاب **Infected** ، **384**متوفي + **1099** متعافي**(Recovered)** ، علما أن الأشخاص الذين هم تحت الحجر الصحي يقدر بـ**3886** شخص **Susceptible**، أما بخصوص المعلمات: بيتا وغاما ونيو فتتمثل كما يلي: بيتا : يمثل معدل انتقال المرض عن طريق الاتصال بين الأفراد المعرضين للإصابة 8087/1171 = 0.336 ، غاما : يمثل معدل التعافي من الاصابة 8087/1099 = 0.135 ، نيو **nu** = 0.6 ، السؤال المطروح متى يتقلص عدد الوفيات من خلال المعطيات الحالية ؟ أولا نجرب التوقع بعد 10 أيام (النتائج مبينة في الشكل رقم (1))، نكرر العملية حتى نصل إلى استقرار في عدد الاصابات، وهذا يكون بعد 30 يوم (يعني إلى غاية 2020/05/15)، تقريب 0 مصاب و8000 بين متعافي ومتوفي.

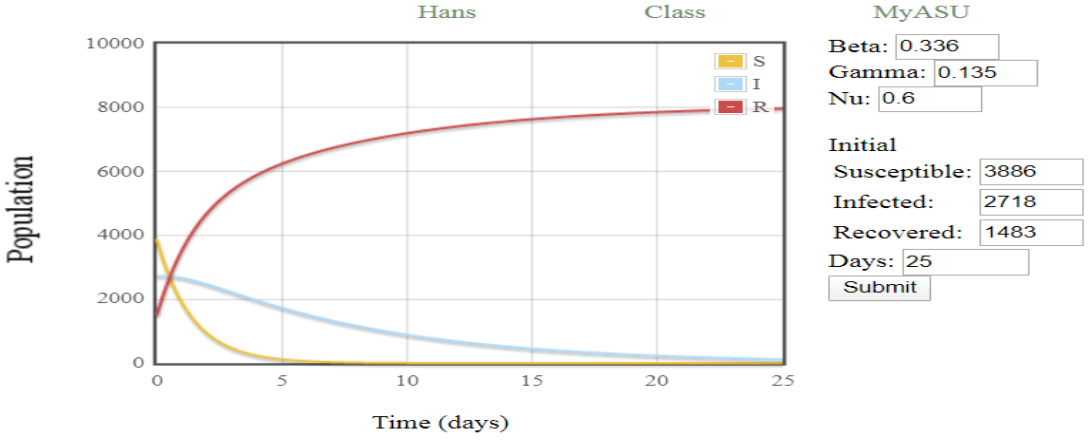
ماذا لو لم يلتزم الشعب بالحجر الصحي؟ كيف تكون النتيجة؟ حتما العدد يرتفع ويفوق 3886 شخص تحت الحجر الصحي.

الشكل رقم (1): التوقع إلى غاية 2020/04/30



- **المصدر**: الشكل من إعداد الباحثين اعتمادا على معطيات الدراسة.

الشكل رقم (2): التوقع إلى غاية 2020/05/15



-المصدر: الشكل من إعداد الباحثين اعتمادا على معطيات الدراسة.

2.3 دراسة انتشار فيروس كوفيد-19:

بتاريخ 25/فيفري/ أعلنت الجزائر عن أول اصابة بفيروس كوفيد-19 ويخص هذا لرعية ايطالي، بدأ انتشار هذا الفيروس من خلال الإعلان عن اصابة أربع حالات في 03/02/ 2020، بعدها توالت الاصابات وبدأ الانتشار من منطقة لأخرى، بلغت الاصابات إلى غاية اليوم (2020/04/20) 2718 اصابة، بعد دراستنا لنموذج **SIR** في الفقرة السابقة، حيث يفيدنا هذا النموذج في حساب معلمة مهمة نستخدمها في معرفة انتشار هذا الفيروس، تدعى هذه المعلمة " معدل التكاثر **" R0** تنطق آر نوت **R-nought** ، ما هو هذا المعدل؟ وما فائدته؟

R0 : هو وسيط " معلمة " يقيس عدد الأشخاص الذي سيقوم الشخص المصاب بعداهم، وفي هذه الحالة يكون جميع الناس عرضة للإصابة، فتحديد هذا المعدل مهم لعلماء الأوبئة الذين يدرسون سلوك انتشار فيروس مثل الكوفيد 19، لكن من الذي يجعل هذه المعلمة مفيدة وغاية في الأهمية ؟ من فوائده نجد معرفة سرعة انتشار الفيروس في البداية وبناء على ذلك تحديد الخطورة المحيطة بالسكان ، خبراء الأوبئة صنفوا لنا هذه الحالات وهي:

R0 يساوي الصفر، في هذه الحالة لا توجد خطورة، **R0** يساوي 1 نعتبرها حالة مستقرة كذلك (الشخص المصاب يعدي شخص واحد فقط و المصاب الجديد يعدي هو الأخر شخص واحد وهكذا **R0**(أكبر من 1 هنا تكمن الخطورة ونعتبره مرض منتشر، مثلا **2= R0** الشخص المصاب ينقل العدوى إلى اثنين والمصابين ينقلان العدوى إلى أربعة أشخاص ثم 8 و16 ،....، وهكذا، تخيلوا لوكان **5 = R0**كيف تكون متتالية الاصابات؟ علما أنه قدرت قيمة 2 بالنسبة لفيروس الايبولا.

نرجع إلى الاحصائيات الرسمية: 3886 شخص تحت الحجر الصحي، 2718 مصاب، 384 متوفي، 1099 متعافي، معامل التكاثر يحسب كما يلي: معامل بيتا/ معامل غاما.

بيتا: يمثل معدل انتقال المرض عن طريق الاتصال بين الأفراد المعرضين للإصابة 8087/2718.

- **غاما:** يمثل معدل التعافي من الاصابة 8087/1099، $R_o = \frac{0.336}{0.135} \approx 2.5$ ، كل أربع أشخاص يعدون 10 أشخاص (في حالة عدم احترام أساليب الوقاية).

في الأخير وجب التطرق إلى نقطة هي الأخرى مهمة من حساب**R0**، وهي تقدير عدد الأشخاص الذين ممكن أن يكونوا بعيدين عن العدوى، بتعبير أخر **R0** يعطي نسبة عدد السكان الذين يجب عليهم أخذ اللقاح للقضاء على هذا المرض هذه النسبة هي: $1-\frac{1}{R_o}$ ، من خلال الاحصائيات الموجودة هذه النسبة تساوي: $1-R_o = 1-\frac{1}{2.5} = 0.6$ ، يعني أكثر من 60% من السكان في هذه الحالة وجب عليهم أخذ اللقاح .

3.3 خطورة كوفيد – 19: معدل إماتة الحالة Case Fatality Rates:

تطرقنا في فقرة إلى موضوع انتشار فيروس كوفيد-19 في الجزائر، حيث تم إبراز معلمة مهمة تساهم في معرفة كيفية الانتشار وهي: "عدد التكاثر الأساسي **basic reproduction number R0"** ، هذا المؤشر لا يخبرنا عن خطورة هذا الوباء ولكن يعطينا فكرة عن سرعة الانتشار، وبالتالي يساعدنا في ايجاد استراتيجيات مكافحته، من بين المؤشرات التي تعتمد على **R0** كذلك نجد مصطلح يسمى مناعة القطيع، حيث إذا وصل هذا المؤشر إلى مستوى عال من خلال التطعيم أو بشكل طبيعي فسيختفي المرض.

أما معدل إماتة الحالة " **CFR** " هو النسبة المئوية بين أعداد الوفيات الناتجة من حالة مرضية إلى مجموع المصابين بهذه الحالة، لنأخذ مثال عن داء الكلب اذ يعتبر من أخطر الأمراض المميتة تبلغ هذه النسبة 99 % طبعا في حالة أن الشخص لم يعالج، بينما أقل النسب تسجلها الانفلونزا الموسمية بالرغم من قيمة **R0** مرتفعة الا أنها ليست قاتلة.

لنسقط هذه المعدلات على حالة الجزائر**R0 =2.5** :، **CFR = 384/2718 = 0.14**(المرتبة 1 عالميا) (بالنسبة لإيطاليا بلغت هذه النسبة 12.6 %) للاطلاع على الترتيب.

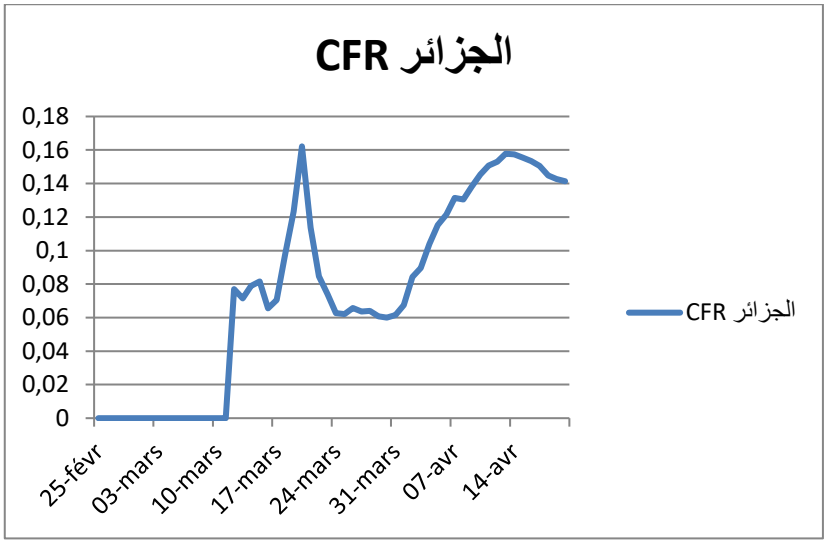
أنظر إلى[1]:

بالرغم من أهمية قيمة **R0** إلا انها لا تدل بالضرورة على خطورة الفيروس كما وضحنا ذلك بين مرض داء الكلب والانفلونزا الموسمية، بل نعتمد على نسبة مكملة لقيمة معدل التكاثر تساعدنا على تشخيص خطورة فيروس كوفيد-19، وبالرغم من قلة الاصابات المسجلة في الجزائر الا أن قيمة **CFR** تدعو للقلق وتطرح عدة تساؤلات: هل النظام المناعي ضعيف؟ هل نظامنا الغذائي غير صحي؟ هل منظومتنا الصحية غير متطورة؟ هل ...إلخ، عند معرفة هذه الأسباب يسهل التشخيص ونعرف مواطن الضعف من القوة.

ونوضح ذلك في الشكل البياني التالي:

الشكل رقم (2): التوقع لمعدل الإماتة CFR

[1] https://www.cebm.net/covid-19/global-covid-19-case-fatality-rates/?fbclid=IwAR3k4HZc28OC0jL_MyOsAAvczDpg9TgM0bbF-9ZgqCTCC5qWjZTEtpVI6sw



- **المصدر**: الشكل من إعداد الباحثين اعتمادا على معطيات الدراسة.

4. الخاتمة:

في ختام الدراسة ومن خلال ما تقدم حاولت هذه الدراسة الفهم الأمثل لانتشار وخطورة وباء كورونا بالجزائر بالاعتماد على النماذج الرياضية من أجل التنبؤ بسرعة انتشار هذا الوباء، وقد اتضح لنا مدى أهمية استخدام أساليب نمذجة الأوبئة في عملية التنبؤ بانتشار الأمراض والأوبئة - التي تعتمد في انتشارها على الانتقال من كائن حي لآخر؛ أي عن طريق العدوى-والمساعدة في محاولة فهم سلوك الفيروس من أجل احتوائه والتحكم به ومن ثم التخلص منه نهائيا.

بالنسبة للجزائر والتي تمر بالمرحلة الثالثة من مراحل التحول الوبائي* والتي تدعى بمرحلة الأمراض غير المعدية مثل أمراض القلب والضغط الدموي، السرطان، أمراض الجهاز التنفسي، أمراض الكبد وغيرها من الأمراض التي يصطلح عليها بأمراض التحضر. إلا أن انتشار فيروس الكورونا في جميع مناطق العالم المتقدم والمتخلف على سواء يعيد التساؤل حول افتراضات هذه النظرية والتي تدرج الأمراض المعدية في المرحلة الأولى من عملية الانتقال الوبائي والتي ترتبط بالتنمية خصوصا.

في الأخير تبين أن خطورة فيروس كورونا ليس في معدل وحجم انتشاره بسرعة، وإنما في معدل إماتته للحالة المصابة به، فكلما ارتفع معدل الإماتة نستطيع القول بأن الفيروس يشكل خطرا على

*وهي نظرية صاغها الدكتور إبراهيم عمران الطبيب الأمريكي المصري الأصل، وقد افترض أن أي مجتمع سكاني يمر بثلاث مراحل صحية هي (مرحلة الأوبئة والمجاعات، مرحلة انحسار الأوبئة، مرحلة الأمراض غير المعدية)، وترتبط هذه النظرية بمفهوم الانتقال الديموغرافي.

الساكنة، ولهذا الملاحظ أن معدل الوفيات التي يتسبب بها هذا الوباء تندرج في الفئة العمرية الأخيرة؛ أي في مرحلة الشيخوخة، وهذا يعود في الكثير من الحالات أو أغلبها حسب الإحصائيات للمضاعفات التي يعاني منها الشخص المصاب ببعض الأمراض المزمنة؛ خاصة أن انتشارها يكثر ويرتبط كثيرا بهذه الفئة العمرية، وعليه فإن المسنين يتعرضون لخطر الوفاة بسبب هذا الفيروس بنسب أعلى من الفئات العمرية الأخرى.

في الأخير وكتوصيات مستخلصة من الدراسة يجب على السلطات الجزائرية التركيز فيما يأتي على رقمنة القطاعات للتغلب على مثل هذه الاوضاع الطارئة، خاصة القطاع الصحي . وكذلك محاولة تعديل السلوك الغذائي أو ما يعرف بالنظام الغذائي للسكان من أجل تحسينه من أجل الرفع من كفاءة نظام المناعة لدى الانسان. كما يجب على الفاعلين المجتمعيين تنظيم المجتمع من أجل صحة البيئة ومكافحة الامراض المعدية وذلك عبر تعليم الافراد الصحة الشخصية والتشجيع على التشخيص المبكر وفي الاخير تطوير الحياة الاجتماعية والمعيشية للساكنة من أجل الصحة العامة للمجتمع.

في النهاية وبرغم كل التوصيات التي تقدمها الجهات المختصة بدءا بمنظمة الصحة العالمية وانتهاءا عند المختصين بعلم الأوبئة والأطباء من تباعد جسدي والعزل الذاتي وغيرها من وسائل الوقاية من الوباء، إلا أن سلوك الإنسان هو الوحيد الكفيل بإنجاح التخلص من هكذا وباء.

- قائمة المراجع:

بابا، أحمد. (2010)، التحليل، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر.

سعود وبن عيسى، محمود ولخضر، (2009)، التحليل الرياضي، الجزء الثاني، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر.

حجازي، محمد. (2013)، المعادلات التفاضلية العادية، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر.

كاثرين ودعاء، ساجد، كريم. عادل، محمد. (2017)، استخدام نموذج SIR في علم الاوبئة لحساب عدد السكان المعرضين والمصابين والمتعافين لبعض الامراض المعدية، شهادة بكالوريوس علوم في الرياضيات الطبية، بحث مقدم من أجل شهادة بكالوريوس علوم في الرياضيات الطبية، جامعة القادسية، العراق.

شيماء، جاسم السلطاني. (2017)، اللقاحات، الرابط:

http://science.uobabylon.edu.iq/service_showrest.aspx?pubid=17610

Boularas, Driss et Daniel Fredon et Daniel Petit. (2009), Manuel Mathématiques pour les sciences de la vie et de l'environnement, Mini de Manual, Paris.

Bronson, R, Costa, G. differential equation, schaum's outlines, Mcgraw-hill, New York, third edition.

- Arabic references in English :

Baba, A. (2010), The Analysis. Office of University Publications, Algeria.

Saud & Ben Issa, M., & Lakhzar, (2009), Mathematical Analysis, part two. Office of University Publications, Algeria.

Hegazy, M. (2013), Ordinary Differential Equations. Office of University Publications, Algeria.

Catherine, D., & Sajid, K., & Adel Muhammad, (2017). Using the SIR Model in Epidemiology to Calculate the Number of Populations Exposed, Infected, and Recovered from Certain Infectious Diseases, Bachelor of Science in Medical Mathematics, [research submitted for the Bachelor of Science in Medical Mathematics, Al-Qadisiyah University, Iraq].

Al-Sultani, C. J. (2017), Vaccines, link: http://science.uobabylon.edu.iq/service_showrest.aspx?pubid=17610