

Covid-19 chez les cancéreux



H. ATHAMNIA,
Service Oncologie Médicale,
Centre de Lutte contre le Cancer,
Faculté de Médecine de Annaba.

Résumé

Coronavirus 2019 (COVID-19) est une maladie infectieuse due au virus SARS-CoV-2 (Severe Acute Respiratory Syndrome CoronaVirus 2) qui affecte les individus de différentes manières. Les patients cancéreux présentent particulièrement un risque accru de forme grave avec des taux de létalité signalés plus élevés que ceux de la population générale. Cette mortalité associée au COVID-19 varie considérablement selon les types et le stade de cancer. En tant que population à risque, il est clairement nécessaire de vacciner et immuniser ces patients en priorité pour éviter l'excès de morbidité et de mortalité au cours de ce syndrome respiratoire aigu sévère.

>>> Mots-clés :

Coronavirus, cancer, mortalité, vaccin, chimiothérapie et les inhibiteurs de points de contrôle (ICI).

Introduction

Le coronavirus est un groupe de virus communs chez les humains et les animaux, qui est à l'origine de la maladie la plus contagieuse ces 02 dernières années (figure 1); la Covid 19 causée par une nouvelle souche et qui semble être transmise par contact étroit avec une personne infectée ou en touchant une surface où le virus existe. L'observation des premiers cas d'infection à SARS-Cov-2 (COVID-19) a montré des signes cliniques très différents d'un individu à un autre, dont environ 80 % des

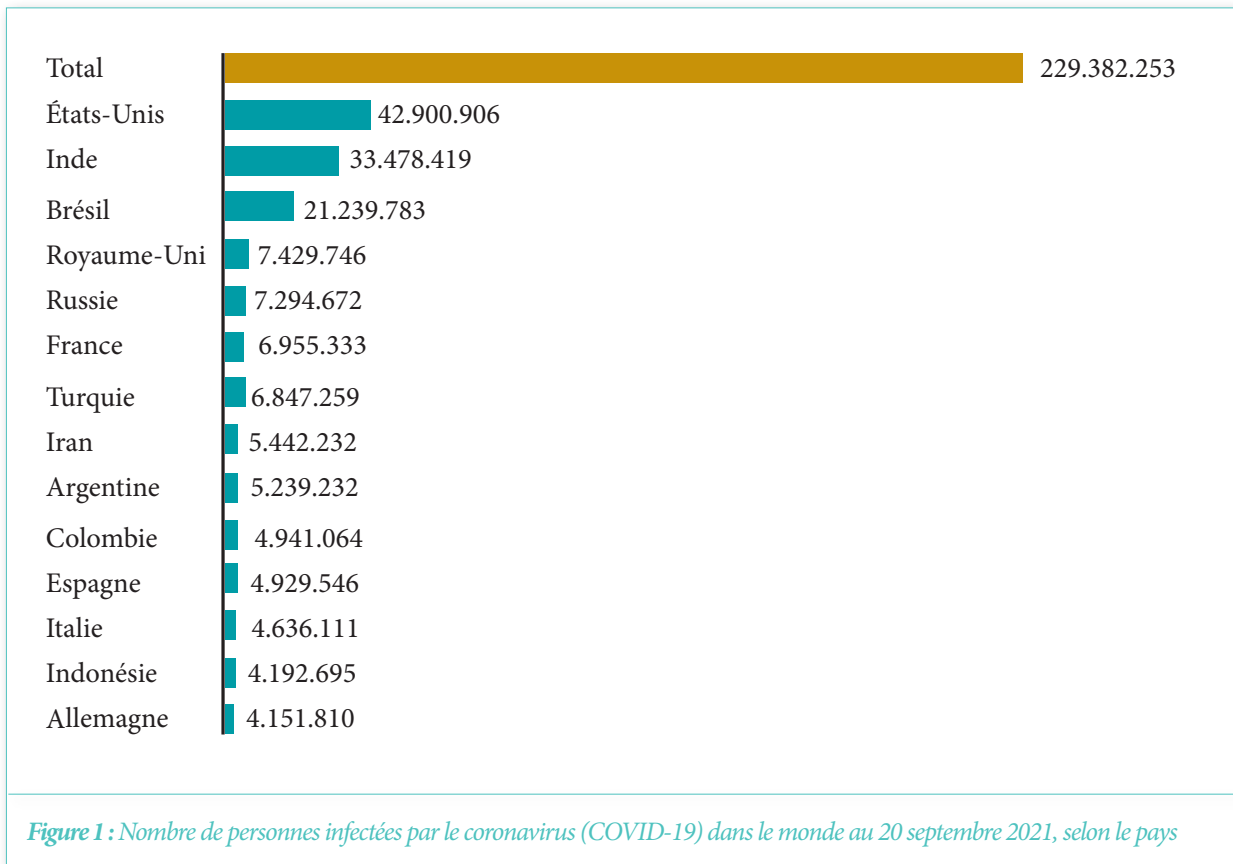
Abstract

Coronavirus 2019 (COVID-19) is an infectious disease caused by the SARS-CoV-2 (Severe Acute Respiratory Syndrome CoronaVirus 2) virus that affects individuals in different ways. Cancer patients are particularly at increased risk of severe disease with reported case fatality rates higher than those in the general population. This mortality associated with COVID-19 varies considerably depending on the type and stage of cancer. As a population at risk, it is clearly necessary to vaccinate and immunize these patients as a priority to avoid the excess morbidity and mortality during this severe acute respiratory syndrome.

>>> Key-words :

Coronavirus, cancer, mortality, vaccine, chemotherapy and checkpoint inhibitors (ICI).

cas sont symptomatiques et dépendant du terrain. Dans moins de 20% des cas, ces tableaux évoluent vers une forme sévère à critique (5%), avec un tableau de détresse respiratoire aiguë et la nécessité d'une surveillance en milieu hospitalier. La personne peut être positive sans symptômes graves. Aucun traitement médicamenteux n'a démontré une efficacité suffisante pour limiter son évolution. L'âge, l'état de santé actuel, le système immunitaire affaibli, sont les facteurs de risque les plus connus ^(1, 2, 3,4).



Répercussions de la pandémie sur les patients atteints d'un cancer

La pandémie avait un impact majeur à toutes les étapes de prise en charge des cancers, allant du dépistage aux soins palliatifs.

Parmi les 155 pays où l'organisation Mondiale de la Santé a enquêté, plus de la moitié ont différé les programmes de dépistage organisés du cancer, comme ceux du cancer du sein et cancer du col de l'utérus. Ainsi, le nombre de patients adressés en urgence en oncologie a chuté de 60 % en Angleterre au mois d'avril, comparativement au même mois de l'année précédente ^(5,6).

Une perturbation du fonctionnement des structures de soins liée au confinement était responsable d'un retard important du diagnostic et de la thérapeutique. Une étude française réalisée en France à Reims et Colmar a révélé que les diagnostics de cancers avaient diminué de 39% entre le premier trimestre 2019 et 2020, avec une diminution de 30% des traitements chirurgicaux ⁽⁷⁾.

Une étude de modélisation britannique a estimé, que le retard de prise en charge diagnostic des patients atteints

de cancer allait être responsable de plusieurs centaines de décès supplémentaires ⁽⁸⁾. Selon un modèle «conservateur» du National Cancer Institute (NCI), à cause de ces retards de diagnostic, les décès par cancer du sein et du côlon, qui représentent un sixième de la mortalité totale par cancer, pourraient augmenter de 1 % par an aux États-Unis, soit 10 000 décès de plus par an, entre 2020 et 2030 ⁽⁹⁾.

Les experts précisent que ces chiffres sont sujets à changement en fonction de l'évolution de la pandémie.

Les patients atteints de cancer présentent un risque accru de maladie grave et de mortalité accrue en raison du SRAS-CoV-2 ^(10,11,12) (figure 2). Les taux de létalité (CFR) signalés chez ces patients sont plus élevés que ceux de la population générale, respectivement 29,4% contre 10,2% (P < 0,0001), pour les patients COVID-19 hospitalisés ⁽¹³⁾. Cette mortalité associée à la COVID-19 varie considérablement selon les types de cancer, les traitements administrés et les stades du traitement ⁽¹⁴⁾. De nombreuses études ont confirmé que les CFR sont les plus élevés chez les patients atteints d'hémopathies malignes, y compris la leucémie aiguë et le lymphome non hodgkinien (LNH), et d'un cancer du poumon par rapport aux cancéreux atteints d'un autre organe solide ^(14,15,16,17,18).

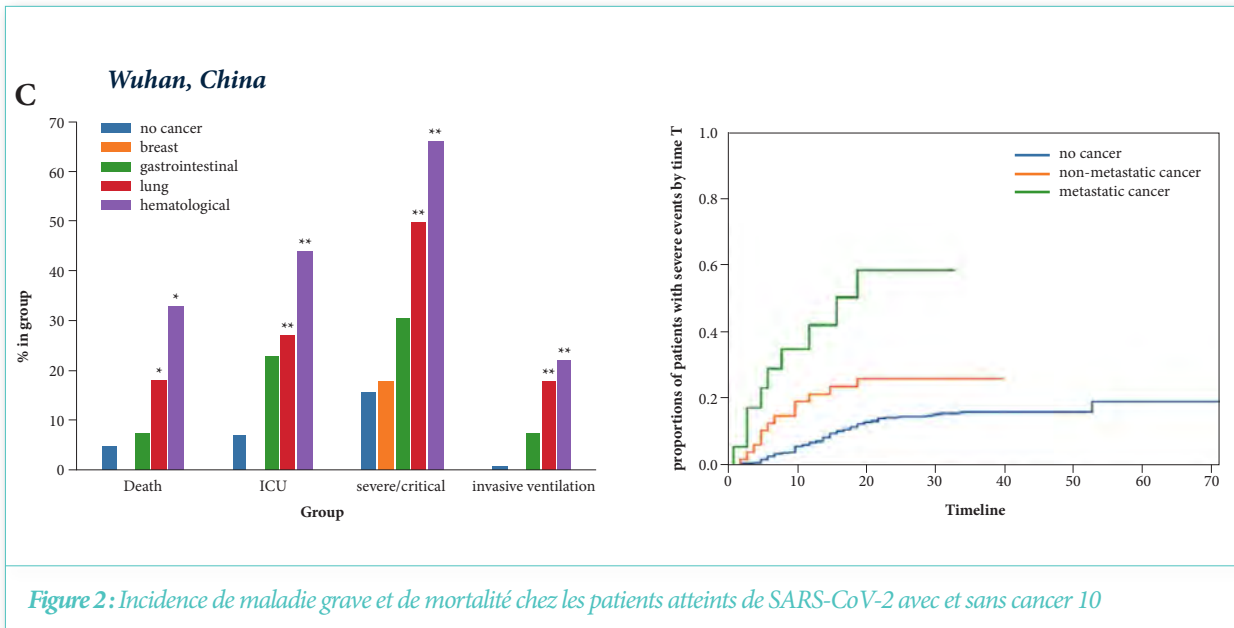


Figure 2: Incidence de maladie grave et de mortalité chez les patients atteints de SARS-CoV-2 avec et sans cancer 10

Alors que plusieurs études menées plus tôt lors de la pandémie ont établi un lien chimiothérapie avec des résultats défavorables^(19,20,21,22), des études observationnelles ultérieures plus importantes ne montrent aucune preuve d'une gravité accrue ou d'un décès pendant le traitement actif du cancer cytotoxique chez les patients atteints de tumeurs solides^(14,15,16,23), alors que les patients atteints de malignité hématologique ont présenté de mauvais résultats, en particulier dans les contextes de thérapie intensive^(24,25,26). L'innocuité des inhibiteurs de points de contrôle (ICI) dans le cadre de l'infection COVID-19 reste un domaine particulier d'incertitude^(16,27).

Les patients immunodéprimés ont une clairance virale plus longue avec une immunité humorale plus tardive et moins claire que la population standard. Ainsi, les patients cancéreux pourraient rester plus longtemps contaminés (même s'ils ne sont plus symptomatiques) et infecter d'autres patients immunodéprimés lors de leurs déplacements au niveau des centres de soins^(28,29,30).

Considérations relatives aux traitements du cancer pour les patients positifs au SRAS-CoV-2

Idéalement, les symptômes du COVID-19 devraient être résolus ou nettement améliorés avant l'administration d'une chimiothérapie cytotoxique. La durée pour retarder l'administration de la chimiothérapie est guidée par des estimations sur les durées d'excrétion virale, la gravité des symptômes, le type de cancer, le traitement indiqué et le risque de progression de la maladie en cas de retard d'administration d'une chimiothérapie^(31,32,33,34).

- Les patients dont le test de dépistage du SARS-CoV-2 est positif peuvent être traités comme suit : Patients atteints d'un cancer non hématologique présentant des symptômes légers/modérés : la chimiothérapie est généralement retardée

jusqu'à la disparition de tous les symptômes et un minimum de dix jours après le début d'apparition des symptômes.

- Patients atteints d'un cancer gravement symptomatique et/ou hématologique (maligne): la chimiothérapie est généralement retardée jusqu'à la résolution de tous les symptômes et un minimum de vingt jours après le début des symptômes.

- Patients asymptomatiques : la chimiothérapie est généralement retardée d'un minimum de dix jours après la date du premier test RT-PCR positif pour l'ARN du SARS-CoV-2, tant que les patients restent asymptomatiques.

Les patients asymptomatiques exposés à une personne atteinte de COVID-19, doivent être surveillés pour l'apparition de symptômes pendant quatorze jours.

Cependant, dans tous les cas, si une chimiothérapie ou un autre traitement anticancéreux est requis d'urgence en raison de cancer non contrôlé, le patient doit être orienté vers le médecin traitant en urgence⁽³⁵⁾.

Les patients recevant des ICI et qui développent une infection par le SARS-CoV-2, peuvent bénéficier d'une interruption du traitement ICI. Cependant, à ce stade, les recommandations consensuelles concernant la durée des interruptions ICI sont mal définies et doivent être individualisées pour le patient^(36,37,38,39).

Vaccination contre la COVID-19 chez les cancéreux

De grandes études de cohorte ont démontré que les patients atteints de cancer sont à haut risque de contracter la maladie (10,15,16,26,40). En tant que population à risque, il est recommandé de vacciner et immuniser tous ces patients en priorité, lorsqu'un vaccin dont l'utilisation a été autorisée par la FDA est à leur disposition afin d'éviter l'excès de morbidité et de mortalité

Indications ⁽⁴¹⁾

- Indication pour les patients porteurs de cancers sous traitement ou dont la fin du traitement date de moins de trois ans (accord d'experts);
- Indication prioritaire pour les patients cancéreux traités par chimiothérapie (accord d'experts);
- Indication ultra-prioritaire pour les patients porteurs de cancers avec :
 - des traitements entrepris à visée curative, à l'exclusion des tumeurs cutanées baso-cellulaires;
 - un traitement actif, sans visée curative, par chimiothérapie de première ou deuxième ligne;
 - une indication de radiothérapie pour une tumeur intra-thoracique primitive incluant un volume pulmonaire important et un grand nombre d'aires ganglionnaires thoraciques et/ou abdomino-pelviennes et/ou un grand volume de tissus hématopoïétiques (accord d'experts);
- Les patients recevant exclusivement un traitement par hormonothérapie ou ayant été infectés par le SARS-Cov-2, ne font pas partie de la catégorie « ultra-prioritaire » (accord d'experts);
- La vaccination contre la COVID-19 est recommandée chez les patients atteints de cancer digestif sous immunothérapie (accord d'experts);
- En cas d'effets secondaires auto-immuns graves induits par

une immunothérapie, il paraît raisonnable de décaler la vaccination (accord d'experts)

À ce jour, il n'y a aucun rapport notifiant une augmentation du risque d'effets secondaires des vaccins COVID-19 chez les cancéreux par rapport à la population générale. Les personnes doivent être vaccinées dans les lieux les mieux adaptés, soit dans les centres de vaccination, soit au niveau des services hospitaliers traitants.

Cependant, selon les premiers rapports faisant état d'une efficacité moindre du vaccin, les patients et leurs contacts étroits doivent continuer à porter des masques, maintenir une distance physique et suivre les autres recommandations pour la prévention de la COVID-19, même s'ils sont vaccinés.

Types de vaccin contre la COVID-19

Le comité consultatif sur la vaccination COVID-19 du NCCN recommande que les vaccins doivent être administrés à tous les patients atteints de cancer, ainsi qu'aux contacts familiaux et aux soignants, lorsqu'ils sont éligibles pour recevoir le vaccin; sans aucune préférence pour aucun des vaccins approuvés.

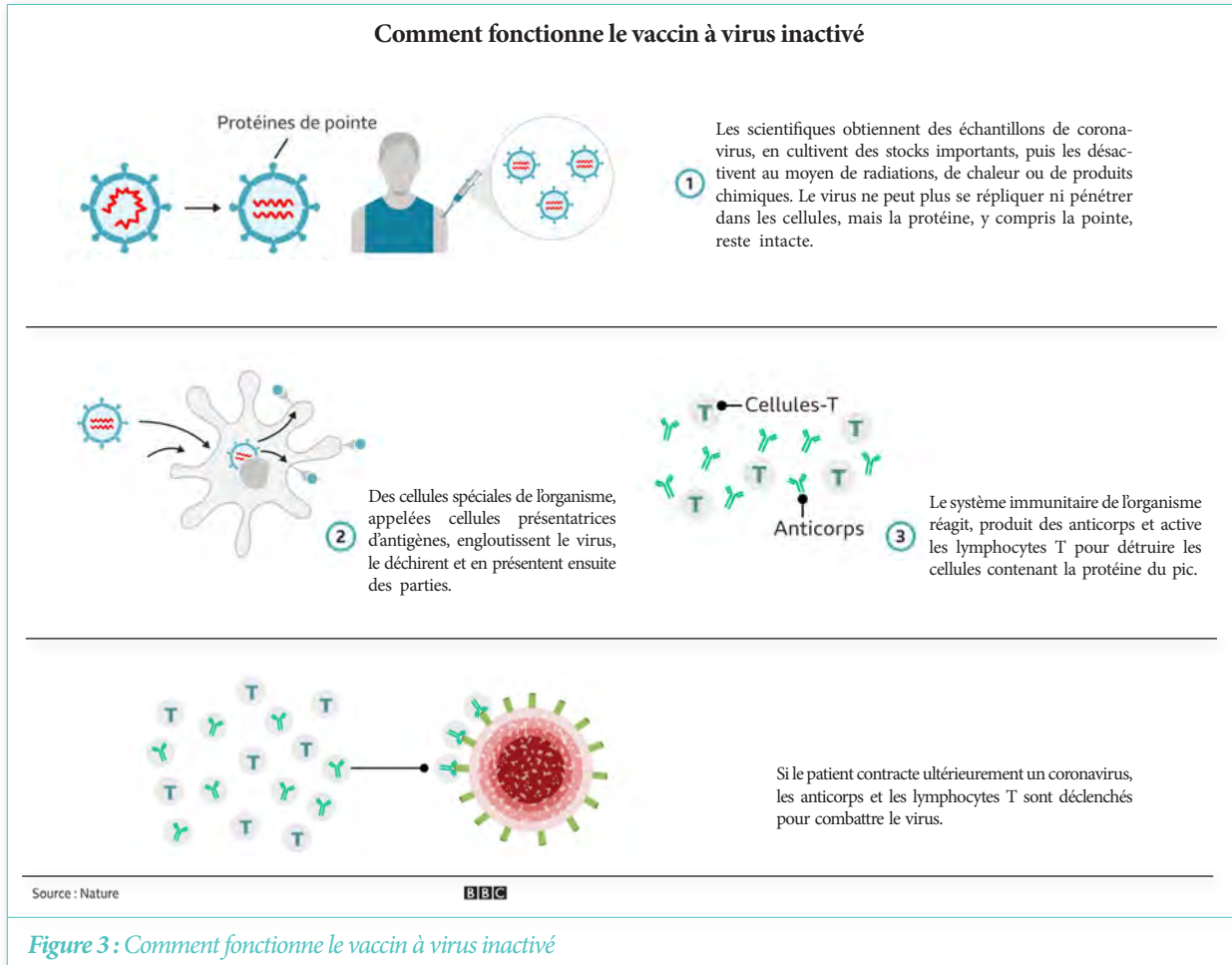
Plusieurs vaccins contre la COVID-19 sont disponibles et d'autres sont en cours d'approbation et de développement avec des technologies très différentes (tableau 1).

Tableau 1 : Principaux vaccins disponibles ou en phase de développement avancé(41)

Vaccins et laboratoires	Type	Type d'essai	Population	Utilisable chez l'immunodéprimé
Comirnaty® BNT162b2 Pfizer/BioNTech	ARNm	Phase III Approuvé par l'ANSM	Exclusion des patients avec une chimiothérapie en cours (pas de résultat du sous-groupe cancer disponible)	Oui
mRNA-1273 Moderna/NIH	ARNm	Phase III Approuvé par l'ANSM	Exclusion des patients avec une chimiothérapie ou une immunothérapie de plus de 14 jours au cours des 6 derniers mois en cours (pas de résultat du sous-groupe cancer disponible)	Oui
CVnCoV CUREVAC	ARNm	Phase III	Exclusion des patients avec un cancer actif (pas de résultat du sous-groupe cancer disponible)	Oui
AstraZeneca/Université d'Oxford	Adénovirus non répliquatif	Phase III Approuvé par l'ANSM	Exclusion des patients avec un antécédent de cancer sauf si traitement curatif et risque faible de récurrence selon l'investigateur	Oui
Ad26.COV2.S / JNJ-78436735 Beth Israel Deaconess Medical Center et Johnson & Johnson (Janssen)	Adénovirus non répliquatif	Phase II	Exclusion des patients avec un antécédent de cancer de moins de 1 an	Oui
Gam-Covid-Vac (Sputnik V®) Russie MH/Gamaleya Research Institute	Adénovirus non répliquatif	Phase III	Exclusion des patients avec un antécédent de cancer	Oui
Ad5-nCoV/Convidecia CanSino Biologics	Adénovirus non répliquatif	Phase III	Exclusion des patients avec un cancer actif (pas de résultat du sous-groupe cancer disponible)	Oui
Merck/Pasteur	Adénovirus répliquatif	Phase III Arrêt du développement		Non
BBIBP-CoV Wuhan Institute of Biological Products / Sinopharm	SARS-CoV-2 inactivé	Phase III	Exclusion des patients avec un antécédent de cancer	Oui
BBIBP-CoV Beijing Institute of Biological Products / Sinopharm	SARS-CoV-2 inactivé	Phase III	Exclusion des patients avec un antécédent de cancer	Oui
NVXCoV2373 Novavax	Protéine recombinante	Phase III	Exclusion des patients avec un antécédent de cancer dont la fin de traitement date de moins de 1 an	Oui
CoVLP Medicago/GSK	Virus-like Particles	Phase III	Exclusion des patients avec un antécédent de chimiothérapie anti-cancéreuse de moins de 3 ans	Oui

- Les vaccins à ARN messager (ARNm) développés par les Américains Pfizer et Moderna, (Comirnaty® de Pfizer/BioNTech et Covid-19® de Moderna) ^(42,43) et l'Allemand CureVac/Bayer ⁽⁴⁴⁾
- Les vaccins aux vecteurs viraux non répliquatifs (adénovirus humains et non humains) ont été développés par l'Université d'Oxford/AstraZeneca (adénovirus non répliquatif du chimpanzé) ⁽⁴⁵⁾, par la Russie/Gamaleya Research Institute (Sputnik V® [à 2 doses, first dose (rAd26), second dose (rAd5)] ⁽⁴⁶⁾ et par le laboratoire américain Johnson & Johnson/Janssen (adénovirus non répliquatif humain [AdV-type 26]) ⁽⁴⁷⁾.

- Les vaccins inactivés, qui utilisent des virus qui ont perdu tout pouvoir infectant par procédé physico-chimique, ou d'une partie seulement du virus, le plus souvent associés à un adjuvant renforçant l'immunité, sont utilisables chez l'immunodéprimé et qui sont les vaccins BBIBP-CorV et WIBP-CorV du laboratoire chinois Sinopharm société d'État et le vaccin CoronaVac du laboratoire chinois Sinovac, société basée à Pékin ⁽⁴⁸⁾ (figure 3).
- Le développement des vecteurs viraux répliquatifs, contre-indiqués chez les immunodéprimés, a été arrêté (Institut Pasteur et Merck).



Modalités de la vaccination contre la COVID-19 chez les cancéreux

Les données disponibles à ce jour concernant la vaccination contre le SARS-CoV-2, chez les patients immunodéprimés, incluant les patients atteints de cancers, sont encore très partagées, les préconisations émises sont toutes d'un niveau de preuve faible et susceptibles d'évoluer dans le temps (« accords ou avis d'experts »). Dans l'état actuel des connaissances, la vaccination peut se faire ⁽⁴¹⁾ :

- Au moins dix jours avant le début de la chimiothérapie, mais il n'y a pas de contre-indication à vacciner

pendant une chimiothérapie,

- Pour les patients déjà sous chimiothérapie, elle peut s'effectuer pendant la chimiothérapie en évitant les périodes d'aplasie
- Il n'y a pas lieu de décaler les séances de chimiothérapie ou de les arrêter dans le simple but de faire une vaccination contre la COVID-19.
- Si une pause thérapeutique est prévue, la vaccination contre la COVID-19 peut être décalée de quelques jours et effectuée pendant celle-ci.
- L'intervalle entre les 2 doses peut être modulé de quelques jours afin d'éviter de faire la 2e dose lors d'une période d'aplasie.

- L'injection d'une 3e dose de vaccin est nécessaire pour les personnes sévèrement immunodéprimées, quatre semaines après la 2e dose.

- Il paraît raisonnable de décaler les vaccinations chez les malades sous immunothérapie avec effet indésirable auto-immun sévère en cours ⁽⁴¹⁾ (tableau 2, figure 4).

Tableau 6 : Lien coronaropathie sévère et AOMI selon les différentes études

COVID19- Vaccination Recommendations for Cancer Patients**
(see next section for details on third doses)

Patients Treatment/Cancer Type	Timing
Hematopoietic Cell Transplantation (HCT)/Cellular Therapy	
Allogeneic transplantation Autologous transplantation Cellular therapy (e.g. CAR T-cell)	At least 3 months post-HCT/cellular therapy
Hematologic Malignancies	
Receiving intensive cytotoxic chemotherapy (e.g. cytarabine anthracycline- based induction regimens for acute myeloid leukemia)	Delay until absolute neutrophil count (ANC) recovery
Marrow failure from disease and/or therapy expected to have limited or no recovery	When vaccine available
Long-term maintenance therapy (e.g. targeted agents for chronic lymphocytic leukemia or myeloproliferative neoplasms)	When vaccine available
Solid Tumor Malignancies	
Receiving cytotoxic chemotherapy	When vaccine available
Targeted therapy	When vaccine available
Checkpoint inhibitors and other immunotherapy	When vaccine available»
Radiation	When vaccine available
Major surgery	Separate date of surgery from vaccination by at least a few days'
Caregivers and Household/Close Contacts	
Any time eligible to receive the vaccine	

**The Pfizer/BioNTech mRNA vaccine is FDA approved for ≥16 years of age; it remains under EUA for age 12-15 The Moderna and Janssen/Johnson & Johnson vaccines are approved under EUA for ≥18 years of age +COVID-19 vaccines and other vaccines may now be administered without regard to timing. This include simultaneous administration of COVID-19 vaccine and other vaccines on the same day, as well as coadministration within 14 days.»

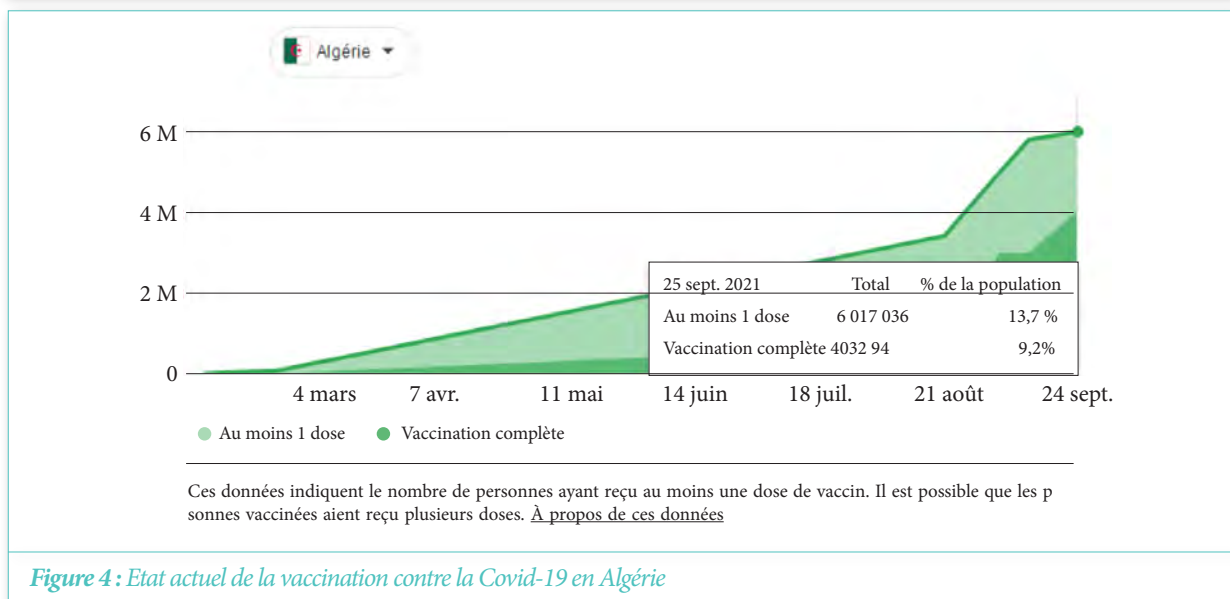


Figure 4 : Etat actuel de la vaccination contre la Covid-19 en Algérie

Conclusion

La vaccination contre la COVID-19 représente donc un espoir majeur pour les patients cancéreux, à la fois en limitant les formes graves d'infection à SARS-CoV-2, mais aussi en évitant les retards des traitements et les complications entraînant des diminutions en taux de survie pour ces malades.

Liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Date de soumission

20 Octobre 2021.

Références

1. The Novel Coronavirus Pneumonia Emergency Response Epidemiology Team. (2020). the epidemiological characteristics of an outbreak of 2019 novel coronavirus diseases (COVID-19) — China, 2020. Tiré de <http://weekly.chinacdc.cn/en/article/id/e53946e2-c6c4-41e9-9a9b-fea8db1a8f51>.
2. Agence de la santé publique du Canada. (Mars 2020). Maladie à coronavirus (COVID-19) : Les populations vulnérables et le COVID-19. Tiré de <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/publications/maladies-et-affections/populations-vulnérables-covid-19.html>
3. Centers for Disease Control and Prevention. (22 mars 2020). People who are at higher risk for severe illness. Tiré de <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/specific-groups/people-at-higher-risk.html>
4. British Columbia Centre for Disease Control. (s.d.). Vulnerable populations. Tiré de <http://www.bccdc.ca/health-info/diseases-conditions/covid-19>
5. <https://www.who.int/news-room/detail/01-06-2020-covid-19-significantly-impacts-health-services-for-noncommunicable-diseases>, consulté en juillet 2020
6. <https://www.bmj.com/content/369/bmj.m2386>, consulté en juillet 2020
7. Brugel M, Carlier C, Essner C, Debrève-Theressette A, Beck MF, Merrouche Y, Bouché O. Dramatic Changes in Oncology Care Pathways During the COVID-19 Pandemic: The French ONCOCARE-COV Study. *Oncologist*. 2020 Oct 28. doi: 10.1002/onco.13578. Online ahead of print.
8. Maringe C, Spicer J, Morris M, Purushotham A, Nolte E, Sullivan R, Rachet B, Aggarwal A. The impact of the COVID-19 pandemic on cancer deaths due to delays in diagnosis in England, UK: a national, population-based, modelling study. *Lancet Oncol*. 2020 Aug;21(8):1023-1034. doi: 10.1016/S1470-2045(20)30388-0. Epub 2020 Jul 20.
9. <https://science.sciencemag.org/content/368/6497/1290>, consulté en juillet 2020
10. Dai M, Liu D, Liu M, et al. Patients with cancer appear more vulnerable to SARS-CoV-2: A multicenter study during the COVID-19 outbreak. *Cancer Discov* 2020;10(6):783-791
11. Lièvre A, Turpin A, Ray-Coquard I, et al. Risk factors for Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) severity and mortality among solid cancer patients and impact of the disease on anticancer treatment: A French nationwide cohort study (GCO-002 CACOVID-19). *Eur J Cancer* 2020;141:62-81.
12. Tian J, Yuan X, Xiao J, et al. Clinical characteristics and risk factors associated with COVID-19 disease severity in patients with cancer in Wuhan, China: a multi-centre, retrospective, cohort study. *Lancet Oncol* 2020;21(7):893-903
13. Meng Y, Lu W, Guo E, et al. Cancer history is an independent risk factor for mortality in hospitalized COVID-19 patients: a propensity score-matched analysis. *J Hematol Oncol* 2020; 13(1):75.
14. Jee J, Foote MB, Lumish M, et al. Chemotherapy and COVID-19 outcomes in patients with cancer. *J Clin Oncol* 2020;38 (30) : 3538 -3546.
15. Kuderer NM, Choueiri TK, Shah DP, et al. Clinical impact of COVID-19 on patients with cancer (CCC19): a cohort study. *Lancet* 2020; 395(10241):1907-1918.
16. Robilotti EV, Babady NE, Mead PA, et al. Determinants of COVID-19 disease severity in patients with cancer. *Nat Med* 2020; 26(8):1218-1223.
17. Shah V, Ko Ko T, Zuckerman M, et al. Poor outcome and prolonged persistence of SARS-CoV-2 RNA in COVID-19 patients with haematological malignancies; King's College Hospital experience. *Br J Haematol* 2020;190(5):e279-e282
18. Vijenthira A, Gong IY, Fox TA, et al. Outcomes of patients with hematologic malignancies and COVID-19: A systematic review and meta-analysis of 3377 patients. *Blood* 2020;136:2881-2892.
19. Liang W, Guan W, Chen R, et al. Cancer patients in SARS-CoV-2 infection: a nationwide analysis in China. *In*. Vol 21: Lancet Publishing Group; 2020:335-337.
20. Yang K, Sheng Y, Huang C, et al. Clinical characteristics, outcomes, and risk factors for mortality in patients with cancer and COVID-19 in Hubei, China: a multi-

21. Zhang L, Zhu F, Xie L, et al. Clinical characteristics of COVID-19-infected cancer patients: a retrospective case study in three hospitals within Wuhan, China. *Ann Oncol* 2020; 31(7):894-901.
22. Tian J, Miao X. Challenges and recommendations for cancer care in the COVID-19 pandemic. *Cancer Biol Med* 2020; 17(3):515-518.
23. Kuderer NM, Choueiri TK, Shah DP, et al. Clinical impact of COVID-19 on patients with cancer (CCC19): a cohort study. *Lancet* 2020; 395(10241):1907-1918.
24. Shah V, Ko Ko T, Zuckerman M, et al. Poor outcome and prolonged persistence of SARS-CoV-2 RNA in COVID-19 patients with haematological malignancies; King's College Hospital experience. *Br J Haematol* 2020; 190(5):e279-e282.
25. Vijenthira A, Gong IY, Fox TA, et al. Outcomes of patients with hematologic malignancies and COVID-19: A systematic review and meta-analysis of 3377 patients. *Blood* 2020;136:2881-2892.
26. Lee LY, Cazier JB, Angelis V, et al. COVID-19 mortality in patients with cancer on chemotherapy or other anticancer treatments: a prospective cohort study. *Lancet* 2020 ; 395 (10241):1919-1926.
27. Huang C, Wang Y, Li X, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet* 2020; 395(10223):497-506.
28. Aydlilo T, Gonzalez-Reiche AS, Aslam S, et al. Shedding of Viable SARS-CoV-2 after Immunosuppressive Therapy for Cancer. *N Engl J Med*. 2020; 383(26):2586-2588.
29. McCarthy KR, Rennick LJ, Nambulli S, et al. Recurrent deletions in the SARS-CoV-2 spike glycoprotein drive antibody escape. *Science*. 2021. Feb 3;eabf6950. doi: 10.1126/science.abf6950.
30. Fung M, Babik JM. COVID-19 in Immunocompromised Hosts: What We Know So Far. *Clin Infect Dis* 2020.
31. Giannakoulis VG, Papoutsis E, Siempos II. Effect of cancer on clinical outcomes of patients with COVID-19: A meta-analysis of patient data. *JCO Glob Oncol* 2020; 6:799-808.
32. Lee LYW, Cazier JB, Angelis V, et al. COVID-19 mortality in patients with cancer on chemotherapy or other anticancer treatments: A prospective cohort study. *Lancet* 2020;395(10241):1919-1926.
33. Wang B, Huang Y. Immunotherapy or other anti-cancer treatments and risk of exacerbation and mortality in cancer patients with COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Oncol Immunology* 2020;9(1):1824646.
34. Zhang H, Han H, He T, et al. Clinical characteristics and outcomes of COVID-19-infected cancer patients: A systematic review and meta-analysis. *J Natl Cancer Inst* 2020.
35. Lièvre A, Turpin A, Ray-Coquard I, et al. Risk factors for Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) severity and mortality among solid cancer patients and impact of the disease on anticancer treatment: A French nationwide cohort study (GCO-002 CACOVID-19). *Eur J Cancer*. 2020;141:62-81.
36. Bersanelli M. Controversies about COVID-19 and anticancer treatment with immune checkpoint inhibitors.
37. Wu Q, Chu Q, Zhang H, et al. Clinical outcomes of coronavirus disease 2019 (COVID-19) in cancer patients with prior exposure to immune checkpoint inhibitors. *Cancer Commun (Lond)*. 2020;40(8):374-379.
38. Gambichler T, Reuther J, Scheel CH, Becker JC. On the use of immune checkpoint inhibitors in patients with viral infections including COVID-19. *J Immunother Cancer*. 2020;8(2).
39. Luo J, Rizvi H, Egger JV, Preeshagul IR, Wolchok JD, Hellmann MD. Impact of PD-1 Blockade on Severity of COVID-19 in Patients with Lung Cancers. *Cancer Discovery*. 2020;10(8):1121-1128.
40. Sharma A, Bhatt NS, St Martin A, et al. Clinical characteristics and outcomes of COVID-19 in haematopoietic stem-cell transplantation recipients: an observational cohort study. *Lancet Haematol*. 2021. Mar ; 8 (3):e185-e193. doi: 10.1016/S2352-3026(20)30429-4. Epub 2021 Jan 19.
41. Tougeron D, et al. Vaccination contre la COVID-19 des patients atteints de cancer solide : revue et préconisations d'un inter-groupe oncologique français (CGO, TNCD, UNICANCER). *Bull Cancer* (2021), <https://doi.org/10.1016/j.bulcan.2021.03.009>
42. Polack FP, Thomas SJ, Kitchin N, et al. Safety and efficacy of the BNT162b2 mRNA Covid-19 vaccine. *N Engl J Med* 2020;383(27):2603-2615.
43. Baden LR, El Sahly HM, Essink B, et al. Efficacy and safety of the mRNA-1273 SARS-CoV-2 vaccine. *N Engl J Med*. 2020 Dec 30;NEJMoa2035389.
44. « COVID-19 Vaccine AstraZeneca authorised for use in the EU » [archive], sur [astrazeneca.com](https://www.astrazeneca.com), 29 janvier 2021 (consulté le 3 mai 2021).
45. Kirill V. Kalnin, « Immunogenicity and efficacy of mRNA COVID-19 vaccine MRT5500 in preclinical animal models », *npj Vaccines*, 19 avril 2021 (consulté le 27 juillet 2021).
46. Logunov et al Safety and efficacy of an rAd26 and rAd5 vector-based heterologous prime-boost COVID-19 vaccine: an interim analysis of a randomised controlled phase 3 trial in Russia the lancet Published: February 02, 2021DOI:org/10.1016/S0140-6736(21)002348.
47. Sadoff J, Le Gars M, Shukarev G, et al. Interim Results of a Phase 1-2a Trial of Ad26.COV2.S Covid-19 Vaccine. *N Engl J Med*. 2021. Jan 13; NEJMoa2034201. doi: 10.1056/NEJMoa2034201.
48. « Approved Vaccines » [archive], COVID 19 Vaccine Tracker, McGill University, 27 juillet 2021.