



## ORIGINAL ARTICLE

## Evaluation of atlas-based automatic segmentation (abas) in head and neck cancer radiotherapy: experience of the Annaba University Hospital

Lilia NAOUN<sup>1,2</sup>, Sanah NACERDDINE<sup>2</sup>, Karima MELAIS<sup>2</sup>, Soumeya MANSOURI<sup>2</sup>, Amina AMIRECHE<sup>2</sup>, Abdesselem BRIHMAT<sup>2</sup>

### ABSTRACT

**Introduction:** Delineation of target volumes and organs at risk (OARs) is a crucial but time-consuming step in head and neck (H&N) radiotherapy planning and is associated with significant interobserver variability. Atlas-based automatic segmentation systems, such as ABAS (Atlas-Based Automatic Segmentation), have been proposed as a promising approach to improve efficiency and standardization in clinical practice. **Objective:** To evaluate the geometric and dosimetric agreement between manual contouring and atlas-based automatic segmentation using ABAS in patients treated for nasopharyngeal carcinoma, and to assess the impact of the number of atlases on system performance. **Methods:** A prospective comparative study was conducted in 10 patients with nasopharyngeal carcinoma. Six OARs (spinal cord, brainstem, right and left parotid glands, optic chiasm, and mandible) were manually contoured by an experienced radiation oncologist and automatically segmented using ABAS. Volumes, maximum dose (Dmax), and mean dose (Dmean) were compared. The influence of the number of atlases (1, 10, and 20) and contouring time was analyzed. Correlations were assessed using Pearson's correlation test, with statistical significance set at  $p < 0.05$ . **Results:** Using 10 atlases, strong correlations were observed between manual and automatic contours for most OARs ( $R > 0.9$ ,  $p < 0.05$ ), both volumetrically and dosimetrically. Larger discrepancies were noted for small-volume structures with complex anatomical boundaries, particularly the optic chiasm. The average contouring time was markedly reduced from approximately 4–5 hours for manual contouring to about 21 minutes using ABAS. **Conclusion:** Atlas-based automatic segmentation using ABAS demonstrates satisfactory agreement with manual contouring in head and neck radiotherapy while providing a substantial reduction in contouring time. This technology represents a reliable clinical decision-support tool, provided that systematic expert validation and manual correction are performed.

**Keywords:** Radiotherapy, Head and neck cancer, Atlas-based segmentation, Automatic contouring, Organs at risk.

1- Université Badji-Mokhtar Annaba. 2- Service de radiothérapie – CHU Annaba – Algérie

**Received:** 06 Jan 2026

**Accepted:** 16 Feb 2026

**Correspondance to:** Lilia NAOUN

E-mail : lilia.naoun@univ-annaba.dz

## 1. INTRODUCTION

La radiothérapie occupe une place centrale dans la prise en charge des cancers ORL, en particulier du carcinome nasopharyngé. La précision du traitement repose en grande partie sur la qualité du contournage des volumes cibles et des organes à risque (OAR), conditionnant directement la distribution de dose et le risque de toxicités aiguës et tardives.

Le contournage manuel, réalisé sur des images tomодensitométriques éventuellement fusionnées à l'IRM, demeure la référence. Toutefois, il s'agit d'un processus long, exigeant et sujet à une variabilité inter- et intra-observateur significative, particulièrement dans la région ORL où l'anatomie est complexe et les structures critiques nombreuses.

Ces dernières années, les outils de segmentation automatique se sont largement développés. Les approches atlas-based, reposant sur l'enregistrement déformable d'images de référence préalablement segmentées, ont été parmi les premières à être intégrées en pratique clinique. Contrairement aux approches récentes basées sur le deep learning, ces systèmes nécessitent une sélection rigoureuse des atlas et restent sensibles à la variabilité anatomique.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est d'évaluer, à partir de l'expérience du CHU Annaba, la performance du système ABAS pour le contournage des OAR en radiothérapie ORL, en comparaison avec le contournage manuel de référence, et d'analyser l'impact du nombre d'atlas sur la qualité des résultats et le temps de réalisation.

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Population étudiée

Il s'agit d'une étude prospective comparative incluant 10 patients atteints de carcinome nasopharyngé indifférencié, traités au service de radiothérapie du CHU Annaba. Les patients présentaient des âges compris entre 19 et 68 ans, avec des morphologies variées. Les caractéristiques principales des patients sont résumées dans le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques principales des patients.

Patient	Âge	Localisation	IMC
1	55	Cavum	31.13
2	42	Cavum	18.5
3	55	Cavum	14.4
4	48	Cavum	21.47
5	39	Cavum	30.46
6	68	Cavum	22.5
7	54	Cavum	19.07
8	19	Cavum	15.82
9	65	Cavum	24.59
10	21	Cavum	22.31

### Choix de la localisation ORL

La région de la tête et du cou a été choisie pour cette étude en raison de plusieurs caractéristiques spécifiques : sa taille relativement petite et la complexité anatomique des OARs qui y sont présents ; la présence d'un grand nombre de structures critiques (environ 20 OARs) dans un volume restreint ; l'absence d'organes très mobiles (comme la vessie, le rectum ou la prostate) qui peuvent affecter négativement le contournage automatique en raison de déformations importantes.

### Choix des OARs étudiés :

Nous avons sélectionné 6 OARs clés pour l'évaluation : le tronc cérébral et la moelle épinière : En raison de la morbidité neurologique potentiellement résultant d'une irradiation excessive, ces structures sont des OARs majeurs avec des tolérances de dose très strictes ; les glandes parotides (droite/gauche) : Ces glandes salivaires sont fréquemment irradiées dans le traitement des cancers ORL, entraînant une xérostomie (sécheresse buccale). Leur mauvaise distinction des limites sur les images tomодensitométriques (CT) rend leur segmentation manuelle particulièrement difficile ; le chiasma optique : Cette structure, vitale pour la vision, est difficile à segmenter en raison de sa petite taille et de sa géométrie tubulaire complexe ; et la mandibule : Seule structure osseuse bien visible, elle peut servir de référence spatiale pour la segmentation d'autres OARs voisins grâce à son excellente visibilité sur les images CT.

## Imagerie et contourage manuel

Les patients ont bénéficié d'une tomодensitométrie de simulation en position de traitement. Les OAR ont été contourés manuellement par un radiothérapeute sénior, selon les recommandations internationales en vigueur (ESTRO / RTOG) (1, 2). Ce contourage a été considéré comme la référence.

## Contourage automatique

Le contourage automatique a été réalisé à l'aide du système ABAS (Atlas-Based Automatic Segmentation). Les atlas utilisés étaient issus de patients précédemment traités et validés cliniquement. Trois configurations ont été testées : 1 atlas, 10 atlas et 20 atlas.

## Analyse dosimétrique et statistique

Pour chaque OAR, les volumes, Dmax et Dmoy ont été extraits du système de planification. Les corrélations entre contourage manuel et automatique ont été évaluées par le test de Pearson. Une valeur de  $p < 0,05$  a été considérée comme statistiquement significative. L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS. Le temps nécessaire au contourage automatique a été mesuré pour chaque configuration d'atlas.

## Considérations éthiques

Cette étude a été conduite conformément aux principes éthiques de la Déclaration d'Helsinki. Tous les patients ont donné leur consentement éclairé pour l'utilisation de leurs données à des fins de recherche. L'anonymat et la confidentialité des données ont été strictement respectés.

## 3. RÉSULTATS

Les paramètres dosimétriques (Dmax, Dmoy) et volumiques obtenus pour les six organes à risque (OAR) chez les dix patients, à l'aide de dix atlas, sont présentés dans le tableau 2. Les valeurs de Dmax et de Dmoy issues des segmentations manuelles et automatiques sont globalement proches pour l'ensemble des OAR étudiés.

Des différences sont observées au niveau des volumes segmentés, avec une variabilité plus marquée pour certaines structures telles que les parotides et le chiasma optique, selon les patients et les atlas utilisés.

**Tableau 2.** Résultats des calculs du TPS pour les segmentations manuelles et automatiques des 6 OAR avec 10 Atlas.

Patient	Moelle	Tronc Cérébral	Parotide Gauche	Parotide Droite	Chiasma Optique	Mandibule
	Dmax (Gy) Man / Auto	Dmoy (Gy) Man / Auto	Volume (cm <sup>3</sup> ) Man / Auto	Dmax (Gy) Man / Auto	Dmoy (Gy) Man / Auto	Volume (cm <sup>3</sup> ) Man / Auto
1	50.56 / 48.62	29.43 / 29.66	30.83 / 34.51	40.65 / 40.29	15.65 / 21.76	60.99 / 45.01
2	52.14 / 52.37	23.68 / 23.70	56.30 / 56.42	39.72 / 39.46	24.69 / 24.60	33.07 / 32.45
3	51.81 / 51.70	32.90 / 32.93	62.25 / 61.92	27.58 / 27.80	14.62 / 14.63	40.63 / 39.49
4	47.66 / 47.34	28.95 / 28.78	27.14 / 26.45	39.14 / 39.14	22.64 / 22.76	32.91 / 31.89
5	48.09 / 48.09	22.91 / 22.90	25.45 / 25.54	38.99 / 38.99	16.84 / 17.05	55.87 / 54.66
6	43.07 / 43.07	29.05 / 29.09	28.47 / 28.28	40.68 / 40.61	24.75 / 24.83	28.14 / 27.56
7	46.41 / 46.63	30.79 / 30.83	28.04 / 28.02	40.92 / 40.74	16.45 / 16.35	37.21 / 36.66
8	46.53 / 48.24	26.89 / 26.44	19.31 / 20.46	41.71 / 41.14	23.22 / 23.33	24.65 / 23.50
9	43.94 / 43.94	24.26 / 24.27	30.80 / 30.49	39.91 / 39.91	16.22 / 16.32	52.00 / 51.50
10	47.55 / 47.25	33.34 / 30.99	28.25 / 32.44	40.89 / 41.58	25.82 / 19.79	31.59 / 46.29
<b>Moyenne</b>	<b>47.77 / 47.72</b>	<b>28.21 / 27.96</b>	<b>33.68 / 34.45</b>	<b>39.02 / 38.97</b>	<b>21.73 / 20.14</b>	<b>39.71 / 38.80</b>

Le tableau 3 présente les résultats de l'analyse statistique des paramètres volumiques et dosimétriques (volume, dose moyenne Dmoy et dose maximale Dmax) obtenus pour les six organes à risque (OAR) chez les dix patients, en comparant les segmentations manuelles et automatiques réalisées avec 1, 10 et 20 atlas.

Avec un seul atlas, les coefficients de corrélation observés pour les paramètres dosimétriques sont globalement faibles pour la majorité des organes. La moelle épinière ne montre pas de corrélation significative pour la Dmax ni pour la Dmoy. Les paramètres volumiques présentent en revanche des corrélations significatives pour plusieurs OAR, à l'exception du chiasma optique, pour lequel aucune corrélation n'est observée.

L'utilisation de dix atlas est associée à une amélioration nette des corrélations, tant pour les paramètres dosimétriques que volumiques. Des corrélations élevées sont observées pour la majorité des OAR concernant la Dmax et la Dmoy. Les volumes segmentés montrent également une bonne concordance entre les deux méthodes, bien que certaines structures de petit volume présentent des coefficients plus faibles.

Avec vingt atlas, les corrélations dosimétriques restent significatives pour plusieurs organes, notamment pour la Dmoy. Toutefois, certaines structures, en particulier la moelle épinière et le chiasma optique, ne présentent pas de corrélation significative pour les paramètres volumiques. L'augmentation du nombre d'atlas n'entraîne pas d'amélioration systématique des coefficients de corrélation par rapport à la configuration à dix atlas.

Globalement, la comparaison des trois configurations met en évidence des différences de performances selon le nombre d'atlas utilisé, avec des variations dépendantes du type de paramètre étudié (volumique ou dosimétrique) et de l'organe considéré.

**Tableau 3.** Récapitulatif comparatif des performances selon le nombre d'atlas.

Organe à risque	Paramètre	1 atlas	10 atlas	20 atlas
Moelle épinière	Dmax	Absente	Modérée	Absente
	Dmoy	Absente	Modérée	Faible
	Volume	Modérée	Forte	Absente
Tronc cérébral	Dmax	Modérée	Forte	Forte
	Dmoy	Modérée	Forte	Forte
	Volume	Forte	Très forte	Forte
Parotide gauche	Dmax	Modérée	Forte	Faible
	Dmoy	Modérée	Forte	Forte
	Volume	Forte	Très forte	Forte
Parotide droite	Dmax	Modérée	Forte	Forte
	Dmoy	Modérée	Forte	Forte
	Volume	Forte	Très forte	Forte
Chiasma optique	Dmax	Absente	Faible	Absente
	Dmoy	Absente	Faible	Absente
	Volume	Absente	Faible	Absente
Mandibule	Dmax	Forte	Très forte	Très forte
	Dmoy	Forte	Très forte	Très forte
	Volume	Très forte	Très forte	Très forte

*Les niveaux de corrélation ont été interprétés selon les seuils suivants : corrélation absente ( $|R| < 0,30$ ), faible ( $0,30 \leq |R| < 0,50$ ), modérée ( $0,50 \leq |R| < 0,70$ ), forte ( $0,70 \leq |R| < 0,90$ ) et très forte ( $|R| \geq 0,90$ ).*

Le tableau 4 présente le temps moyen de contournage automatique par la méthode ABAS en fonction du nombre d'atlas utilisés. Avec un seul atlas, le temps moyen de génération des contours est de 2,5 minutes. L'utilisation de 10 atlas entraîne une augmentation du temps de calcul à 21,2 minutes, tandis qu'avec 20 atlas, le temps moyen atteint 49,6 minutes.

Une augmentation progressive et non linéaire du temps de calcul est observée avec l'accroissement du nombre d'atlas, traduisant un coût computationnel directement lié à la complexité du processus de recalage et de fusion des atlas.

**Tableau 4.** Temps moyen de contournage automatique par ABAS en fonction du nombre d'atlas.

Nombre d'atlas	Temps moyen (minutes)
1	2.5
10	21.2
20	49.6

#### 4. DISCUSSION

Les résultats de cette étude montrent que le contournage automatique atlas-based par ABAS présente une concordance globale satisfaisante avec le contournage manuel de référence pour la majorité des organes à risque (OAR) en radiothérapie des cancers ORL,

en particulier lorsque le nombre d'atlas est optimisé. Avec l'utilisation de dix atlas, les corrélations volumiques et dosimétriques élevées observées pour la plupart des OAR confirment la robustesse de cette approche dans un contexte clinique réel. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés dans la littérature internationale (3) Teguh et al. (4) ont montré que les structures volumineuses telles que la moelle épinière, le tronc cérébral et les parotides présentent une excellente concordance entre segmentation manuelle et atlas-based, tandis que les structures de petit volume restent plus difficiles à segmenter automatiquement. De même, les recommandations de Brouwer et al. (1) soulignent que la variabilité interobservateur est particulièrement marquée pour les petites structures optiques, ce qui constitue une limite intrinsèque aux performances des outils automatiques.

Dans notre étude, le chiasma optique apparaît comme l'organe pour lequel les corrélations sont les plus faibles, indépendamment du nombre d'atlas utilisé. Cette observation rejoint les travaux de van Dijk et al. (5), qui rapportent une faible reproductibilité de la délimitation du chiasma, y compris entre experts, en raison de sa petite taille, de son contraste limité sur le scanner et de sa géométrie complexe. Ces caractéristiques expliquent que l'auto-segmentation, qu'elle soit atlas-based ou basée sur des approches plus récentes, demeure moins performante pour ce type de structure.

L'analyse de l'impact du nombre d'atlas constitue un élément original de ce travail. Nos résultats montrent qu'un faible nombre d'atlas, en particulier un seul atlas, est associé à des corrélations insuffisantes, traduisant une dépendance excessive à un modèle anatomique unique. À l'inverse, l'augmentation du nombre d'atlas à vingt n'améliore pas systématiquement les performances et s'accompagne d'une augmentation significative du temps de calcul. Ces observations sont cohérentes avec celles rapportées par Wang et al. (6) et Li et al. (7), qui décrivent l'existence d'un seuil optimal au-delà duquel les gains en précision deviennent marginaux. Dans notre série, ce compromis optimal est atteint avec dix atlas.

Sur le plan dosimétrique, la concordance observée entre les valeurs de dose maximale (Dmax) et de dose moyenne (Dmoy) issues des segmentations manuelles et automatiques est conforme aux données de la littérature (7). Les différences volumétriques observées pour certaines structures, notamment les parotides et le chiasma optique, ont également été décrites par d'autres auteurs (2, 8). Ces écarts sont généralement attribués à la petite taille des organes concernés, à la complexité de leurs contours anatomiques et à leur forte variabilité interindividuelle (7, 10). Néanmoins, comme rapporté précédemment (7), ces variations géométriques ne se traduisent pas systématiquement par des différences dosimétriques cliniquement significatives, en particulier lorsque les structures ne sont pas situées dans des zones à fort gradient de dose, ce qui est confirmé par nos résultats. Un autre avantage majeur mis en évidence par cette étude est le gain de temps significatif apporté par la segmentation automatique ABAS. Bien que le temps de calcul augmente avec le nombre d'atlas, la réduction globale du temps de contournage par rapport au contournage manuel reste considérable. Ce résultat est en accord avec les travaux de Meyer et al. (9), qui soulignent l'impact organisationnel majeur de l'automatisation du contournage dans les centres de radiothérapie à forte activité. Ce gain de temps peut être réinvesti dans l'optimisation des plans, la radiothérapie adaptative ou le suivi clinique des patients.

Cette étude présente néanmoins certaines limites. La taille réduite de l'échantillon et le caractère monocentrique de l'étude limitent la généralisation des résultats. Par ailleurs, l'évaluation repose principalement sur des paramètres volumiques et dosimétriques, sans recours à des indices géométriques standardisés tels que le Dice Similarity Coefficient ou la distance de Hausdorff. Enfin, le contournage manuel de référence ayant été réalisé par un seul expert, la variabilité interobservateur n'a pas pu être évaluée. Malgré ces limites, les résultats de cette étude confirment que le contournage automatique atlas-based constitue un outil d'assistance fiable en radiothérapie ORL, permettant de concilier qualité des contours, reproductibilité et efficacité du flux de travail, comme déjà souligné dans la littérature (3, 8).

## 5. CONCLUSION

Le contournage automatique atlas-based par ABAS permet une réduction significative du temps de contournage tout en assurant une concordance volumique et dosimétrique satisfaisante avec le contournage manuel de référence en radiothérapie des cancers ORL. Lorsqu'un nombre optimal d'atlas est utilisé, cette approche offre des performances robustes pour la majorité des organes à risque, avec un impact dosimétrique cliniquement acceptable, en accord avec les données de la littérature (10). L'intégration d'ABAS dans le flux de travail clinique constitue ainsi un outil d'assistance pertinent pour améliorer l'efficacité, la reproductibilité et l'homogénéité des pratiques de délimitation, sous réserve d'une validation finale par le radiothérapeute (9, 11). Des études complémentaires, incluant des effectifs plus larges et des métriques géométriques standardisées, permettront de confirmer ces résultats et de mieux définir la place de cette technologie dans les stratégies modernes d'automatisation du contournage.

**Competing interests:** The authors declare that they have no competing interest.

**Funding:** This research received no external funding.

## REFERENCES

1. Brouwer CL, Steenbakkers RJ, Bourhis J, Budach W, Grau C, Grégoire V, et al. CT-based delineation of organs at risk in the head and neck region: DAHANCA, EORTC, GORTEC, HKNPCSG, NCIC CTG, NCRI, NRG Oncology and TROG consensus guidelines. *Radiother Oncol.* 2015;117(1):83–90. doi:10.1016/j.radonc.2015.07.041
2. Mayo CS, Moran JM, Bosch W, Xiao Y, McNutt T, Popple R, et al. American Association of Physicists in Medicine Task Group 263: Standardizing nomenclatures in radiation oncology. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2018;100(4):1057–1066. doi:10.1016/j.ijrobp.2017.12.005
3. Nagayasu Y, Ohira S, Ikawa T, Masaoka A, Kanayama N, Nishi T, et al. Enhancing the contouring efficiency for head and neck cancer radiotherapy using atlas-based auto-segmentation and scripting. *In Vivo.* 2024;38(4):1712–1718. doi:10.21873/invivo.13629
4. Teguh DN, Levendag PC, Voet PW, Al-Mamgani A, Han X, Wolf TK, et al. Clinical validation of atlas-based auto-segmentation of multiple target volumes and normal tissue (swallowing/mastication) structures in the head and neck. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2011;81(4):950–957. doi:10.1016/j.ijrobp.2010.07.009
5. van Dijk LV, Van den Bosch L, Aljabar P, Peressutti D, Both S, R JHMS, et al. Improving automatic delineation for head and neck organs at risk by deep learning contouring. *Radiother Oncol.* 2020;142:115–123. doi:10.1016/j.radonc.2019.09.022
6. Wang J, Chen Y, Xie H, Luo L, Tang Q. Evaluation of auto-segmentation for EBRT planning structures using deep learning-based workflow on cervical cancer. *Sci Rep.* 2022;12(1):13650. doi:10.1038/s41598-022-17916-8
7. Li Y, Wu W, Sun Y, Yu D, Zhang Y, Wang L, et al. The clinical evaluation of atlas-based auto-segmentation for automatic contouring during cervical cancer radiotherapy. *Front Oncol.* 2022;12:945053. doi:10.3389/fonc.2022.945053
8. Urago Y, Okamoto H, Kaneda T, Murakami N, Kashihara T, Takemori M, et al. Evaluation of auto-segmentation accuracy of cloud-based artificial intelligence and atlas-based models. *Radiat Oncol.* 2021;16(1):175. doi:10.1186/s13014-021-01893-0
9. Meyer P, Biston MC, Khamphan C, Marghani T, Mazurier J, Bodez V, et al. Automation in radiotherapy treatment planning: Examples of use in clinical practice and future trends for a complete automated workflow. *Cancer Radiother.* 2021;25(6):617–622. doi:10.1016/j.canrad.2021.05.005
10. Cardenas CE, Yang J, Anderson BM, Court LE, Brock KB. Advances in auto-segmentation. *Semin Radiat Oncol.* 2019;29(3):185–197. doi:10.1016/j.semradonc.2019.02.001
11. Pang EPP, Tan HQ, Wang F, Niemelä J, Bolard G, Ramadan S, et al. Multicentre evaluation of deep learning CT autosegmentation of the head and neck region for radiotherapy. *npj Digit Med.* 2025;8(1):312. doi:10.1038/s41746-025-01152-5