

4

Pathologies associées à l'usage professionnel de la voix

Plusieurs études épidémiologiques mettent en évidence que les problèmes vocaux surviennent plus fréquemment chez les enseignants que dans la population générale, et ceci de manière très significative. De plus, chez les enseignants demeurant dans la profession, la prévalence des problèmes vocaux croît avec l'âge, pour atteindre un maximum dans le groupe d'âge 50-59 ans. La prévalence est très nettement supérieure chez les femmes. Les symptômes vocaux chez les enseignants ont significativement augmenté en l'espace de 12 ans (1988-2000).

Exigences vocales spécifiques de l'enseignant

La profession d'enseignant implique, pour diverses raisons, des exigences élevées sur le plan de la robustesse et de l'endurance vocales :

- la voix didactique a généralement une intensité plus élevée que la voix d'expression simple (audience et non simple interlocuteur) (Dejonckere, 2001a) ;
- l'activité didactique professionnelle implique généralement un usage prolongé (Rantala et coll., 1998 ; Sapienza et coll., 1999) ;
- la voix didactique est une voix « projetée », comportant l'intention d'agir sur l'auditeur (intéresser, faire passer un message, expliquer, convaincre, enthousiasmer...) ;
- les conditions d'environnement, en particulier sur le plan acoustique, sont dans de nombreux cas loin d'être optimales : réverbération, isolation, bruit d'ambiance de la classe... (Truchon-Cagnon et Héту, 1988 ; Pekkarinen et Viljanen, 1991 ; Jonsdottir, 2002).

Les études de dosimétrie vocale permettent d'objectiver cette charge vocale inhabituelle, tant sur le plan de la durée que sur celui de l'intensité, notamment chez les institutrices maternelles (Masuda et coll., 1993 ; Buekers, 2001).

Titze (1999 et 2001) a démontré que les contraintes physiques vibratoires auxquelles sont soumis les tissus des plis vocaux chez les professionnels de la

voix excèdent les limites de sécurité (appliquées dans le cadre de la médecine du travail) pour les autres tissus et organes du corps humain (Griffin, 1990). Cette forme de surcharge (« overdose ») induit des cycles de lésion-réparation tissulaire (Titze, 1994).

Le niveau d'intensité moyen de la phonation croît, chez le sujet normal, d'environ 3 dB lorsque le niveau de bruit ambiant augmente de 10 dB (Van Heusden et coll., 1979 ; Dejonckere et Pépin, 1983) ; or, dans les jardins d'enfants par exemple, le niveau sonore varie couramment entre 75 et 80 dB (Truchon-Cagnon et Héту, 1988 ; Vilkmán, 1996). Par ailleurs, le fait de parler à intensité plus élevée entraîne une augmentation de la fréquence fondamentale moyenne (0,2 à 0,5 demi-ton par dB, avec allure exponentielle) (Buekers et Kingma, 1997). Le fait de devoir élever la voix en contexte de classe constitue un facteur de risque pour l'apparition de nodules vocaux chez les enseignants (Perez Fernandez et coll., 2003). Par ailleurs, d'un point de vue purement phonétique, le fait d'élever l'intensité de la voix (par un accroissement de la pression sous-glottique) accroît principalement l'énergie acoustique des phonèmes voisés, et beaucoup moins celle des phonèmes consonantiques, alors que ce sont ces derniers qui sont essentiels pour l'intelligibilité de la parole (Sanders, 1993 ; Crandell et coll., 1995).

Une distinction peut être faite entre les notions de surmenage vocal (*overuse*) et de malmenage vocal (*misuse*) (Giovanni et coll., 2004) : le surmenage est la situation où le sujet, pour des raisons professionnelles le plus souvent (mais parfois aussi pour des raisons psychologiques), utilise sa voix à un niveau supra-physiologique et/ou ne la repose pas adéquatement. Le malmenage est une situation dans laquelle le sujet utilise sa voix de façon incorrecte : par exemple avec des attaques vocaliques dures ou des coups de glotte systématiques.

Plaintes et problèmes vocaux spécifiques des enseignants

Plusieurs études épidémiologiques mettent en évidence que les problèmes vocaux surviennent plus fréquemment chez les enseignants que dans la population générale, et ceci de manière très significative. Dans une étude de synthèse sur la prévalence des problèmes vocaux, Mattiske et coll. (1998) rapportent quatre études concluant qu'au moins 50 % des enseignants font mention de problèmes vocaux. Par ailleurs, environ un futur enseignant sur cinq fait déjà mention de plaintes récurrentes relatives à la voix au cours de ses études, et ce dans une mesure significativement plus importante que des étudiants d'autres disciplines (dans le même établissement d'enseignement supérieur) (Simberg et coll., 2000 ; Simberg, 2004). Chez les enseignants qui demeurent dans la profession, la prévalence des problèmes vocaux croît avec l'âge, pour atteindre un maximum dans le groupe d'âge 50-59 ans. Toutefois,

de nombreux enseignants sont contraints d'abandonner de façon prématurée et définitive la profession en raison de leurs difficultés vocales (Sapir et coll., 1993). La prévalence des problèmes vocaux est nettement supérieure dans le sexe féminin (Dejonckere, 2001b ; Roy et coll., 2004). Une étude finlandaise récente (Simberg et coll., 2005) montre que la prévalence de symptômes vocaux chez les enseignants a significativement augmenté en l'espace de 12 ans (1988-2000). L'analyse de Verdolini et Ramig (2001) met en évidence que, pour les États-Unis, le coût annuel lié aux soins de santé et journées de travail perdues en rapport avec des troubles vocaux atteint 2,5 billions de \$, et ce uniquement pour les enseignants.

Il est relativement malaisé de cerner avec précision la notion de plainte ou de problème vocal. Roy et coll. (2004) ont proposé la définition suivante : « Chaque fois que la voix ne fonctionne pas comme elle le devrait normalement, de telle façon qu'il y a interférence avec le processus de communication ».

La manière dont la dysphonie (en rapport avec des lésions bénignes) est vécue par le patient – ce que reflète par exemple le *Voice Handicap Index* (VHI) – doit être considérée comme une dimension indépendante dans un bilan de mise au point d'un problème vocal : Behrman et coll. (2004) ont démontré que ni l'âge, ni le sexe, ni le type de lésion, ni la qualité de l'occlusion glottique, ni la qualité ondulatoire de la muqueuse n'ont de valeur prédictive pour le score au VHI.

Par ailleurs, Gotaas et Starr (1993) ont exploré le niveau d'anxiété chez des enseignants avec plaintes de fatigue vocale : ils leur trouvent un niveau significativement plus élevé que dans leur groupe témoin, mais comparable à celui de fonctionnaires gouvernementaux.

De plus en plus, du fait qu'elle interfère avec la capacité économique, la pathologie vocale des enseignants se voit considérée, dans certaines limites bien définies, comme une maladie professionnelle, même si elle n'est pas (encore) reprise dans les listes officielles. Certains pays en reconnaissent le principe, mais dans le cadre du « système ouvert » (par opposition au « système de liste »), chaque cas devant être dûment et individuellement documenté (Ugeux, 2001).

Altérations laryngées

Un certain nombre d'altérations laryngées, en particulier de la muqueuse des plis vocaux, sont à mettre en rapport avec la notion de réaction tissulaire de surcharge biomécanique (conditions phonatoires supra-physiologiques, phonotraumatisme) (Herrington-Hall et coll., 1988 ; Dejonckere et coll., 1994 ; Dijkers et Nikkels, 1995 ; Colton et Casper, 1996). Il s'agit, d'une part, de l'érythème et de l'œdème des plis vocaux (notion de « laryngite »)

(figure 4.1A) ainsi que du polype vocal (phonotraumatisme aigu) (figure 4.1B), et d'autre part, des nodules vocaux (figure 4.1C) et dans une certaine mesure des ulcérations de contact (figure 4.1D) et des granulomes dorsaux des plis vocaux (phonotraumatisme chronique).

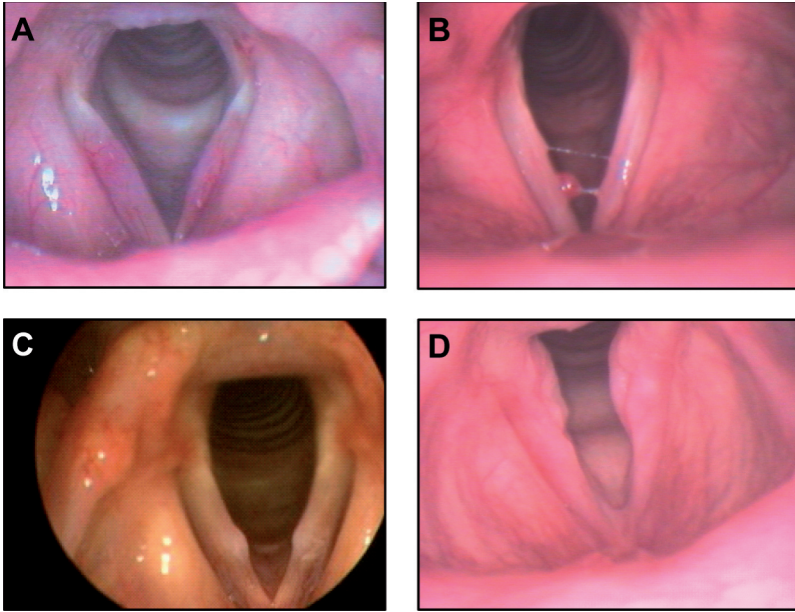


Figure 4.1 : Altérations laryngées. A : Érythème et léger œdème des plis vocaux après phonotraumatisme aigu ; B : Polype vocal comme séquelle présumée d'un phonotraumatisme aigu ; C : Nodules vocaux ; D : Ulcères de contact au niveau de la partie dorsale des plis vocaux

Globalement, les nodules vocaux constituent l'altération morphologique la plus fréquemment observée au niveau du larynx (21,6 % de toutes les pathologies observées), suivie par l'œdème des plis vocaux (14,1 %) et par le polype vocal (11,4 %), alors que l'ulcération de contact et le granulome sont nettement moins communs (1 % et 1 %) (Herrington-Hall et coll., 1988). Toutefois, certaines de ces manifestations ne sont pas spécifiques, en ce sens que le phonotraumatisme n'est pas nécessairement l'unique agent étiopathogénique. Des anomalies congénitales mineures (sulcus, micropalmure) pourraient jouer un rôle favorisant, de même que des facteurs de terrain (allergie des voies respiratoires supérieures et son traitement par stéroïdes inhalés) ou des pathologies chroniques comme le reflux gastro-œsophagien et le reflux œsophagien. Ainsi, l'érythème et l'œdème laryngés peuvent procéder en partie de facteurs environnementaux (poussière, air sec, tabagisme...), et le polype vocal (en particulier la forme angiectasique) prend préférentielle-

ment naissance dans une muqueuse déjà congestive (par exemple, par la fumée de cigarette). Les ulcérations de contact et granulomes dorsaux peuvent procéder en partie de reflux gastro-œsophagien. Pour certaines pathologies, l'usage vocal intensif (et l'éventuel malmenage vocal) peut n'être qu'un cofacteur étiologique possible : c'est le cas de l'œdème de Reinke (cordite polypoïde) et de la laryngite chronique hyperplasique, où tabagisme et éthy-lisme sont les agents étiologiques principaux. Selon Sataloff (2001), l'œdème de Reinke survient même moins fréquemment chez des professionnels vocaux que chez des non-professionnels.

Nodules vocaux : une réaction tissulaire spécifique au phonotraumatisme chronique

Les nodules vocaux peuvent être considérés comme l'altération la plus patho-gnomonique. Ils sont, en particulier à un stade débutant et encore pauci-symptomatique, identifiés avec une fréquence significativement plus élevée chez des institutrices maternelles que dans un groupe homogène apparié : Sala et coll. (2001) examinent 262 institutrices maternelles et leur trouvent significativement plus de nodules vocaux et de signes inflammatoires laryngés que dans un groupe témoin comparable de 108 infirmières hospitalières.

L'étude anatomo-pathologique de Dikkers et Nikkels (1995) différencie le polype vocal des nodules vocaux par la présence au sein du polype, de signes d'hémorragie récente, de fibrine et de thrombose, alors que les nodules sont plutôt caractérisés par les images de lacs d'œdème, sans épanchement sanguin. Pour Wallis et coll. (2004), les deux entités paraissent représenter le continuum d'un même processus : le dommage tissulaire occasionné par le trauma-tisme ou l'irritation mécanique répétitive (Multinovic et Bojic, 1996). Les différences essentielles sont la bilatéralité dans le cas des nodules vocaux et la taille de la lésion (le polype étant plus volumineux) (Wallis et coll., 2004).

Certains auteurs (Behrendt, 1964 ; Böhme, 1983), prenant en considération les implications thérapeutiques (traitement conservateur *versus* chirurgical), distinguent deux variantes histologiques de nodules vocaux :

- les nodules jeunes, d'apparition récente, caractérisés par un infiltrat œdémateux lympho-plasmocytaire, des télangiectasies et un épithélium intact ;
- les nodules plus anciens, avec fibrose et hyperplasie épithéliale, et éventuellement kératose.

La variante récente est généralement considérée comme réversible, la variante ancienne comme pratiquement irréversible (sauf peut-être à très long terme).

La pathogénie des nodules vocaux paraît associée à un mode vibratoire particulier des plis vocaux, qui limite le contact (collision puis décollement)

entre les bords libres des plis vocaux à une localisation particulière : l'union du tiers antérieur et des deux tiers postérieurs c'est-à-dire la moitié de la partie vibrante de la corde. Ce mode vibratoire requiert trois conditions biomécaniques : une adduction dorsale incomplète ; une position de repos incurvée (plutôt que rectiligne), autour de laquelle se fait le mouvement oscillatoire ; et une amplitude d'oscillation suffisante (faute de quoi le contact n'a pas lieu) (Dejonckere et coll., 1994 ; Dejonckere, 2001a) (figure 4.2). Il en résulte un contact limité entre les bords libres des plis vocaux, environ à l'union du tiers ventral et du tiers moyen. À cet endroit se focalise le phonotraumatisme, consistant en une alternance de percussions et de tractions, ces dernières dues aux forces d'adhésion et de cohésion du mucus. Le modèle simule une oscillation d'amplitude croissante (de gauche à droite), symétriquement par rapport à une position de repos légèrement incurvée. Cette incurvation peut résulter de la prédominance des forces élastiques (ligament vocal-cone élastique) lorsque le muscle vocal présente un certain degré d'hypotonie (par exemple dû à la fatigue). Une amplitude suffisante est nécessaire, faute de quoi il n'y a pas de contact.

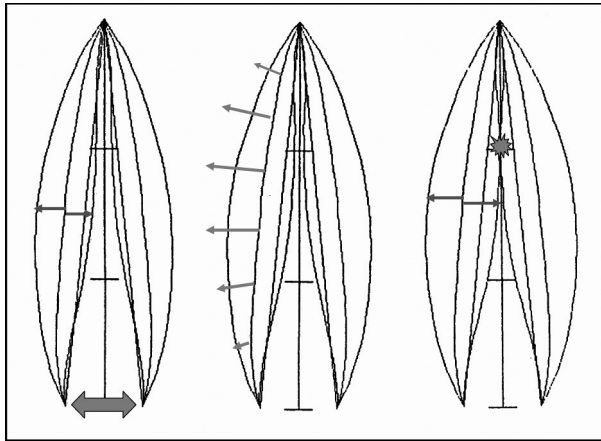


Figure 4.2 : Modèle mécanique simplifié (oscillation sinusoïdale limitée au plan horizontal) montrant l'effet combiné, sur le mode vibratoire des plis vocaux, d'une adduction dorsale insuffisante et d'une légère incurvation du bord libre des plis vocaux

Les réactions tissulaires sont réversibles au début, définitives ensuite : elles débutent par un œdème sous-muqueux, qui forme des lacs au sein du stroma fibreux. À l'œdème fait suite une activation des fibroblastes sous-épithéliaux, avec production accrue de fibres collagènes. Concomitamment, une hyperplasie de l'épithélium de revêtement est observée, avec kératose (Chagnon et Stone, 1996) (figure 4.3).

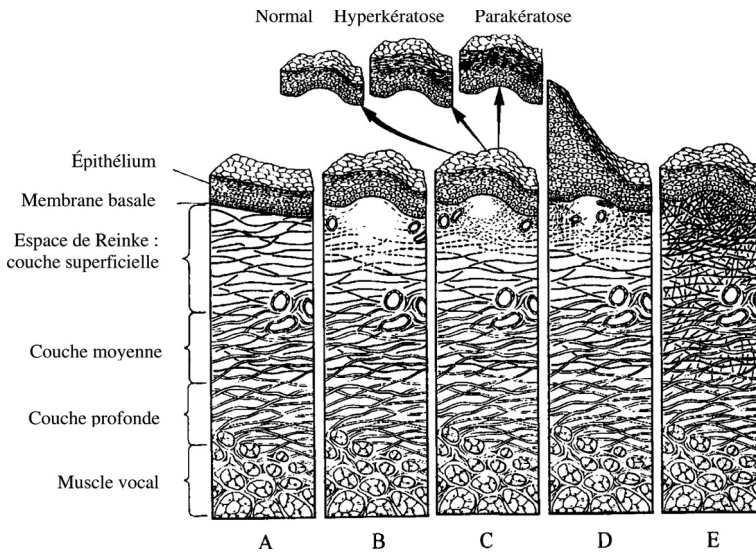


Figure 4.3 : Différents stades évolutifs de nodules vocaux sur le plan histopathologique. A : Image normale ; B : Œdème sous-épithélial ; C : Œdème faisant place à un processus de fibrose, l'épithélium peut donner lieu à de la kératose ; D : Reste d'œdème sous-épithélial, fibrose et hyperplasie épithéliale ; E : Fibrose sous-épithéliale (d'après Chagnon et Stone, 1996)

La fatigue vocale induite expérimentalement par une lecture à voix forte (75-85 dBC) de 2 heures se solde chez des sujets normaux par une augmentation significative de la PTP (*Phonation Threshold Pressure* ou pression sous-glottique minimale requise pour initier et entretenir l'oscillation des plis vocaux), laquelle est présumée refléter un accroissement de la viscosité des couches histologiques superficielles des plis vocaux (Solomon et DiMattia, 2000 ; Chang et Karnell, 2004). Cet accroissement de la viscosité pourrait lui-même être en rapport avec les modifications ultrastructurales observées au niveau de la membrane basale et de la matrice extracellulaire de la *lamina propria* après phonation forcée *in vitro* avec des larynx de chiens (Gray et Titze, 1988 ; Jiang et coll., 1998). Il est par ailleurs montré que le degré d'hydratation influence la viscosité tissulaire des plis vocaux (Verdolini-Marston et coll., 1990 ; Verdolini et coll., 1994 ; Verdolini-Marston et coll., 1994).

L'excès de béance glottique au moment de la mise en vibration des bords libres des plis vocaux est également un facteur contribuant à augmenter la PTP (Titze, 1988 ; Chang et Karnell, 2004).

La fatigue vocale aiguë, induite expérimentalement, chez de jeunes femmes adultes normales donne lieu à une hypofonction des muscles directement concernés par la phonation laquelle se manifeste par une insuffisance

d'occlusion glottique notamment au niveau de la partie ventrale de la glotte, favorisant le mode vibratoire à configuration glottique dite « en sablier » (Stemple et coll., 1995).

D'autre part, 61 % des patients ayant comme plainte principale la fatigue vocale mais sans anomalies des plis vocaux présentaient en vidéostroboscopie une insuffisance d'occlusion glottique, notamment antérieure, ainsi qu'un débit aérien phonatoire anormalement élevé (coulage d'air) (Eustace et coll., 1996). Chez des patientes présentant des nodules vocaux, le débit aérien phonatoire s'est révélé significativement accru par rapport à des sujets témoins, avec augmentation de la quantité d'air consommée tant par syllabe que par expiration au cours d'une lecture (Sapienza et coll., 1997).

Une légère tuméfaction bilatérale à l'union du tiers ventral et du tiers moyen des plis vocaux constitue un indice clinique indicatif d'une utilisation supra-physiologique de la voix (Sataloff, 2001).

À côté de ces facteurs physiques et physiopathologiques, des facteurs comportementaux interviennent de façon indéniable. Une étude de Roy et coll. (2000), faisant appel à un questionnaire psychologique propre à dégager des traits de personnalité, caractérise les patientes porteuses de nodules vocaux comme « extraverties, socialement dominantes, impulsives, promptes à réagir aux facteurs de stress », et ce par rapport à des sujets (uniquement féminins) présentant d'autres formes de pathologie vocale et à un groupe témoin. Ces auteurs établissent clairement un lien entre ces traits comportementaux et la propension au phonotraumatisme.

Prédominance féminine

La pathologie vocale en général, et les nodules vocaux en particulier, surviennent de façon très largement prépondérante chez la femme. Le principal facteur est la fréquence vibratoire moyenne de la voix parlée, et donc la fréquence du microtraumatisme éventuel (115 Hz chez l'homme et 210 Hz chez la femme) (Kawase et coll., 1982 ; Dejonckere, 2001b) (figure 4.4).

Par ailleurs, une légère insuffisance d'occlusion glottique dorsale est presque à considérer comme physiologique chez la femme (majorité des sujets normaux) (Sulter et coll., 1996). L'incurvation du bord libre apparaît avec la fatigue vocale, et l'amplitude d'oscillation suffisante requise pour provoquer le microtraumatisme accompagne naturellement la projection vocale et la nécessité d'élever le niveau sonore. Les patientes porteuses de nodules vocaux semblent en effet avoir en moyenne un profil psychologique les portant à réagir à la fatigue vocale débutante par un comportement de forçage (Roy et coll., 2000). La réversibilité, qui peut s'estimer par une observation

détaillée et répétée en laryngostroboscopie, constitue un élément important dans le cadre d'une option phonochirurgicale éventuelle.

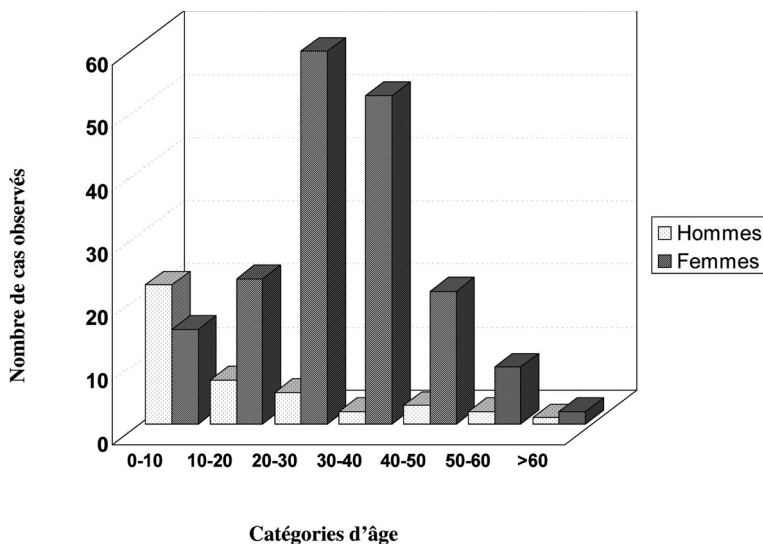


Figure 4.4 : Histogramme de fréquence des cas de nodules vocaux diagnostiqués dans un centre hospitalier universitaire, selon l'âge et le sexe (d'après Dejonckere et coll., 1994)

De manière générale, à l'âge post-pubertaire, les nodules vocaux s'observent principalement chez les jeunes femmes. Ils se retrouvent rarement, voire exceptionnellement chez l'homme. La moyenne d'âge dans la série de Smith et coll. (1998) était de 25 ans. Quarante pour cent des patientes étaient des enseignantes, le reste en grande partie des étudiantes. La majorité des patientes se faisait des soucis quant à l'avenir de leur carrière.

L'acide hyaluronique, une protéine interstitielle qui semble diminuer la viscosité tissulaire, est présente au niveau des plis vocaux dans une mesure nettement plus importante chez l'homme que chez la femme, ce qui a fait émettre l'hypothèse d'une sensibilité accrue de la femme à la fatigue vocale (Gray et coll., 1999 ; Ward et coll., 2002 ; Chang et Karnell, 2004).

Les facteurs d'environnement sont également importants : acoustique du local de classe, bruit de fond extérieur, bruit de classe, air trop sec, de même que la tension psychique (stress) qui accompagne le geste vocal. Ce stress exerce des effets physiologiques divers, généralement, hormis quelques exceptions, défavorables, notamment sécheresse de la muqueuse, rigidité posturale, augmentation indifférenciée du tonus des muscles intrinsèques laryngés, modifications respiratoires...

Techniques de dépistage et tests d'aptitude

Quelques tentatives ont été réalisées en termes de techniques de dépistage et tests d'aptitude, basées sur l'anamnèse, l'évaluation perceptive de la qualité vocale, l'examen clinique laryngoscopique, ou sur certains tests vocaux physiques, tels le temps maximum de phonation, ou l'étude de la dynamique de la fréquence fondamentale de la parole en fonction du niveau d'intensité sonore imposé.

La sensibilité et la spécificité paraissent jusqu'à présent insuffisantes pour en faire conseiller la diffusion. Il existe insuffisamment d'évidence d'une quelconque efficacité pour ce qui concerne le long terme.

Buekers (1998) s'est intéressé à la mise au point d'un test d'endurance vocale qui pourrait être appliqué comme critère d'aptitude à une profession vocale. Il a étudié la capacité discriminative d'une analyse multidimensionnelle (comprenant des éléments objectifs et subjectifs) de la voix après surcharge vocale aiguë, en comparant un groupe de sujets féminins normaux avec un groupe de patientes se plaignant de fatigue vocale et présentant des images laryngo-stroboscopiques de nodules vocaux débutants, de discret œdème des plis vocaux ou d'insuffisance d'occlusion glottique dorsale. Il conclut que malgré la multiplicité des critères, il ne peut mettre en évidence aucune différence significative entre les deux groupes.

De Bodt et coll. (1998) effectuent un suivi de 5 ans chez des enseignantes ayant fait l'objet d'un test standardisé de tolérance vocale, tel que recommandé par l'Union européenne des phoniatries, et concluent à la valeur très limitée de ce genre de tests.

Orr et coll. (2002) observent, chez des étudiants vocalement sains et se destinant à la profession d'enseignant, une certaine corrélation entre d'une part le pronostic de robustesse vocale tel que formulé sur la base d'un examen logopédique et phoniatrique et d'autre part le temps maximum de phonation, l'étendue tonale et la dynamique d'intensité, et la capacité d'émettre une émission vocale à faible intensité. Toutefois, il n'y a pas de suivi ni à court terme ni à long terme.

Il existe par ailleurs des objections d'ordre éthique relatives à la mise en application de ce type de tests lors de l'accès aux études menant à la profession d'enseignant.

Néanmoins, Simberg (2004) arrive à la conclusion qu'un traitement fonctionnel (rééducatif) donné en petits groupes aux étudiants à problèmes vocaux – identifiés par un test vocal de dépistage – constitue une méthode économiquement rentable pour traiter des problèmes vocaux encore discrets à un stade précoce.

En conclusion, plusieurs études épidémiologiques mettent en évidence que les problèmes vocaux surviennent plus fréquemment chez les enseignants que dans la population générale. Certains pays reconnaissent le principe d'une maladie professionnelle même si elle n'est pas (encore) reprise dans les listes officielles. Un certain nombre d'altérations laryngées, en particulier des plis vocaux, sont à mettre en rapport avec la notion de réaction tissulaire de surcharge biomécanique. Il s'agit d'une part de l'érythème et de l'œdème des plis vocaux ainsi que de polype vocal ou de formes polypoïdes (phonotraumatisme aigu), et d'autre part des nodules vocaux et dans une certaine mesure des ulcérations de contact et des granulomes dorsaux des plis vocaux (phonotraumatisme chronique). La pathologie vocale en général, et les nodules vocaux en particulier, surviennent de façon très largement prépondérante chez la femme. Le principal facteur est la fréquence vibratoire moyenne de la voix parlée, et donc la fréquence du microtraumatisme éventuel. Les facteurs environnementaux (acoustique de la classe, bruit de classe...) sont également importants. Les techniques de dépistage et les tests d'aptitude sont encore peu développés car leur sensibilité et leur spécificité apparaissent jusqu'à présent insuffisantes pour en conseiller la diffusion.

BIBLIOGRAPHIE

BEHRENDT W. Zur morphologischen Feinstruktur des Stimmlippenknötchens. *Arch Ohr Nas u Kehlk Heilk* 1964, **184** : 99-108

BEHRMAN A, SULICA L, HE T. Factors predicting patient perception of dysphonia caused by benign vocal fold lesions. *Laryngoscope* 2004, **114** : 1693-1700

BÖHME G. Klinik der Sprach-, Sprech- und Stimmstörungen. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart – New York, 1983

BUEKERS R, KINGMA H. Impact of phonation intensity upon pitch during speaking: a quantitative study in normal subjects. *Logoped Phoniatr Vocol* 1997, **22** : 71-77

BUEKERS R. Are voice endurance tests able to assess vocal fatigue? *Clin Otolaryngol Allied Sci* 1998, **23** : 533-538

BUEKERS R. Voice dosimetry. In : Occupational Voice: Care and Cure. DEJONCKERE PH (ed). Kugler Publications, The Hague, The Netherlands, 2001 : 21-27

CHAGNON F, STONE RE. Nodules and polyps. In : Organic Voice Disorders. Assessment and Treatment. BROWN WS, VINSON BP, CRARY MA (eds). Singular Publishers, San Diego, London, 1996 : 219-244

CHANG A, KARNELL MP. Perceived phonatory effort and phonation threshold pressure across a prolonged voice loading task: a study of vocal fatigue. *J Voice* 2004, **18** : 454-466

COLTON R, CASPER J. Understanding voice problems. A physiological perspective for diagnosis and treatment. Williams & Wilkins Company, Baltimore, 1996 : 418p

CRANDELL C, SMALDINO J, FLEXER C. Sound Field FM amplification: Theory and practical applications. Singular Publishing Group, San Diego, 1995

DE BODT MS, WUYTS FL, VAN DE HEYNING PH, LAMBRECHTS L, VAN DEN ABEELE D. Predicting vocal outcome by means of a vocal endurance test: a 5 – year follow – up study in female teachers. *Laryngoscope* 1998, **108** : 1363–1367

DEJONCKERE PH, PÉPIN F. Study of the Lombard effect by measuring equivalent sound level. *Folia Phoniat* 1983, **35** : 310-315

DEJONCKERE PH, LALOYAUX P, LEBACQ J, PLAGHKI L. Aspects biomécaniques de la pathogénie des nodules vocaux. *Rev Laryngol (Bordeaux)* 1994, **115** : 267-276

DEJONCKERE PH. Occupational Voice: Care and Cure. Kugler Publications, The Hague, The Netherlands, 2001a

DEJONCKERE PH. Gender differences in the prevalence of occupational voice disorders. In : Occupational Voice: Care and Cure. DEJONCKERE PH (ed). Kugler Publications, The Hague, The Netherlands, 2001b : 11-20

DIKKERS FG, NIKKELS P. Benign lesions of the vocal folds: histopathology and phonotrauma. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1995, **104** : 698-703

EUSTACE CS, STEMPLE JC, LEE L. Objective measures of voice production in patients complaining of laryngeal fatigue. *J Voice* 1996, **10** : 146-154

GIOVANNI A, AUMELAS E, CHAPUS E, LASSALLE A, REMACLE M, OUAKNINE M. Le forçage vocal et ses conséquences. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac* 2004, **121** : 187-196

GOTAAS C, STARR C. Vocal fatigue among teachers. *Folia Phoniatr* 1993, **45** : 120-129

GRAY S, TITZE IR. Histologic investigation of hyperphonated canine vocal cords. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1988, **97** : 381-388

GRAY SD, TITZE IR, CHAN R, HAMMOND TH. Vocal fold proteoglycans and their influence on biomechanics. *Laryngoscope* 1999, **109** : 845-354

GRIFFIN MJ. Handbook of human vibration. Academic Press, New York, 1990

HERRINGTON-HALL BL, LEE L, STEMPLE JC, NIEMI KR, MCHONE MM. Description of laryngeal pathologies by age, sex, and occupation in a treatment-seeking sample. *J Speech Hear Disord* 1988, **53** : 57-64

JIANG JJ, DIAZ CE, HANSON DG. Finite element modeling of vocal fold vibration in normal phonation and hyperfunctional dysphonia: implications for the pathogenesis of vocal nodules. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1998, **107** : 603-610

JONSDOTTIR VI. Cordless amplifying system in classrooms. A descriptive study of teachers' and students' opinions. *Logoped Phoniatr Vocol* 2002, **27** : 29-36

KAWASE N, SAWASHIMA M, HIROSE H, USHIJIMA T. A statistical study of vocal cord nodule, vocal cord polyp and polypoid vocal cord, with special reference to the physical and social histories of patients. *Ann Res Instit Logoped Phoniatr Tokyo Univ* 1982, **16** : 235-245

MASUDA T, YOSHIMITU I, MANAKO H, KOMIYAMA S. Analysis of vocal abuse: fluctuations in phonation time and intensity in 4 groups of speakers. *Acta Otolaryngol (Stockholm)* 1993, **113** : 547-552

MATTISKE JA, OATES JM, GREENWOOD KM. Vocal problems among teachers: a review of prevalence, causes, prevention and treatment. *J Voice* 1998, **12** : 489-499

MULTINOVIC Z, BOJIC P. Functional trauma of the vocal folds: classification and management strategies. *Folia Phoniatr Logop* 1996, **48** : 78-85

ORR R, DE JONG FELIX, CRANEN B. Some objective measures indicative of perceived voice robustness in student teachers. *Log Phon Vocol* 2002, **27** : 106-117

PEKKARINEN E, VILJANEN V. Acoustic conditions for speech communication in classrooms. *Scand Audiol* 1991, **20** : 257-263

PEREZ FERNANDEZ CA, PRECIADO LOPEZ J. Vocal fold nodules: Risk factors in teachers. A case control study design. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2003, **54** : 253-260

RANTALA L, PAAVOLA L, KORKKO P, VILKMAN E. Working-day effects on the spectral characteristics of teaching voice. *Folia Phoniatr Logop* 1998, **50** : 205-211

ROY N, BLESS DM, HEISEY D. Personality and voice disorders: a multitrait – multidisorder analysis. *J Voice* 2000, **14** : 521-548

ROY N, MERRIL RM, THIBEAULT S, PARSARAJA RA, GRAY SD, MITH EM. Prevalence of voice disorders in teachers and the general population. *J Speech Lang Hear Res* 2004, **47** : 281-293

SALA E, LAINE A, SIMBERG S, PENTTI J, SUONPAA J. The prevalence of voice disorders among day care center teachers compared with nurses: a questionnaire and clinical study. *J Voice* 2001, **15** : 413-423

SANDERS D. Management of hearing handicap. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1993

SAPIENZA CM, STATHOPOULOS ET, BROWN JR WS. Speech breathing during reading in Women with vocal nodules. *J Voice* 1997, **11** : 195-201

SAPIENZA C M, CRANDELL CC, CURTIS B. Effects of sound-field frequency modulation amplification on reducing teachers' sound pressure level in the classroom. *J Voice* 1999, **13** : 375-381

SAPIR S, KEIDAR A, MATHERS-SCHMIDT B. Vocal attrition in teachers: survey findings. *Eur J Disord Commun* 1993, **28** : 177-185

SATALOFF RT. Professional voice users: the evaluation of voice disorders. *Occup Med-State Art* 2001, **16** : 633-647

SIMBERG S. Prevalence of vocal symptoms and voice disorders among teacher students and teachers and a model of early intervention. Ph.D. thesis Department of Speech Sciences. University of Helsinki, 2004

SIMBERG S, LAINE A, SALA E, RÖNNEMAA AM. Prevalence of voice disorders among future teachers. *J Voice* 2000, **14** : 231-235

SIMBERG S, SALA E, VEHMAS K. Changes in the prevalence of vocal symptoms among teachers during a twelve-year period. *J Voice* 2005, **19** : 95-102

SMITH E, TAYLOR M, MENDOZA M, LEMKE, J, HOFFMAN H. Functional impact of nodules: A case-comparison study. *J Voice* 1998, **12** : 551-558

SOLOMON NP, DIMATTIA MS. Effects of a vocally fatiguing task and systemic hydration on phonation threshold pressure. *J Voice* 2000, **14** : 341– 362

STEMPLE JC, STANLEY J, LEE L. Objective measures of voice production in normal subjects following prolonged voice use. *J Voice* 1995, **9** : 127-133

SULTER AM, SCHUTTE HK, MILLER DG. Standardized laryngeal videostroboscopic rating: differences between untrained and trained male and female subjects, and effects of varying sound intensity, fundamental frequency, and age. *J Voice* 1996, **10** : 175-189

TITZE IR. The physics of small amplitude oscillation of the vocal folds. *J Acoust Soc Am* 1988, **83** : 1536-1552

TITZE IR. Principles of voice production. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994

TITZE IR. Toward occupational safety for vocalization. *Log Phon Vocol* 1999, **24** : 49-54

TITZE IR. Criteria for occupational risk in vocalization. In : Occupational Voice: Care and Cure. DEJONCKERE PH (ed). Kugler Publications, The Hague, The Netherlands, 2001 : 1-10

TRUCHON-CAGNON C, HÉTU R. Noise in day-care centers for children. *J Noise Control Engin* 1988, **30** : 57-64

UGEUX J. The spirit of laws on occupational diseases. In : Occupational Voice: Care and Cure. DEJONCKERE PH (ed). Kugler Publications, The Hague, The Netherlands, 2001 : 139-148

VAN HEUSDEN E, PLOMP R, POLS LCW. Effect of ambient noise on the vocal output and the preferred listening level of conversational speech. *Appl Acoust* 1979, **12** : 31-43

VERDOLINI K, TITZE IR, FENNEL A. Dependence of phonatory effort on hydration level. *J Speech Hear Res* 1994, **37** : 1001-1007

VERDOLINI K, RAMIG LO. Review : Occupational risks for voice problems. *Logoped Phoniatr Vocol* 2001, **26** : 37-46

VERDOLINI-MARSTON K, TITZE IR, DRUKER DG. Changes in phonation threshold pressure with induced conditions of hydration. *J Voice* 1990, **4** : 142-151

VERDOLINI-MARSTON K, SANDAGE M, TITZE IR. Effect of hydration treatments on laryngeal nodules and polyps and related voice measures. *J Voice* 1994, **8** : 30–47

VILKMAN E. Occupational risk factors and voice disorders. *Logoped Phoniatr Vocol* 1996, **21** : 137-141

WALLIS L, JACKSON-MENALDI C, HOLLAND W, GIRALDO A. Vocal fold nodule vs. vocal fold polyp: Answer from surgical pathologist and voice pathologist point of view. *J Voice* 2004, **18** : 125-129

WARD PD, THIBEAULT SL, GRAY SD. Hyaluronic acid: its role in voice. *J Voice* 2002, **16** : 303-309