

La Myopie Évolutive chez l'Enfant : Facteurs de risque, complications potentielles et méthodes de traitement

Par Hélène Panis

SAERA. School of Advanced Education Research and Accreditation

RÉSUMÉ

La myopie évolutive est un défaut courant chez les enfants et les adolescents. Elle est caractérisée par une vision floue à distance et une incapacité à voir clairement les objets éloignés. C'est une affection qui peut progresser au fil du temps et augmenter le risque de développer des problèmes de santé oculaire à l'âge adulte, tels que le décollement de la rétine, le glaucome et la cataracte.

Dans cette revue bibliographique, nous allons explorer les différentes causes de la myopie évolutive chez les enfants et les adolescents, ses facteurs de risques, ses complications potentielles et les méthodes de traitement.

Mots clés: Myopie, enfant, évolutive, pandémie, OMS, biométrie

Abréviations: δ (dioptrie), OMS ou WHO (Organisation Mondiale de la Santé ou World Health Organization), VP (vision de près), VL (vision de loin), mm (millimètre), Δ (valeur moyenne), % (pourcentage)

INTRODUCTION

La myopie est un problème de santé publique. Les chiffres sont inquiétants, d'après le Brien Holden Vision Institut (2016), 52% de la population mondiale sera myope d'ici 2050.

La myopie est reconnue depuis 2016 par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) comme un problème de santé publique. La prévalence de la myopie a presque doublé dans les vingt dernières années dans les sociétés orientales et occidentales. La prévalence parmi les jeunes adultes est supérieure à 80% dans de nombreuses régions asiatiques, et supérieure à 50% aux Etats-Unis et dans certaines régions d'Europe.

Épidémie en France

Selon les estimations de la Haute Autorité de Santé fondées sur une étude épidémiologique de référence sur la progression de la myopie, en 2022, 510 000 enfants entre 6 et 15 ans présentent une myopie évolutive, c'est-à-dire une progression myopique supérieure à 0,50 δ par an. La prévalence est de 23,7% pour ces enfants entre 6 et 15 ans. Les filles sont plus touchées que les garçons (26,7% contre 20,9%).

Physiologie oculaire

À la naissance, le système visuel est immature. S'il n'est pas stimulé, il ne se développe pas. Les études de Clergeau (2007a) ont établi que l'acuité visuelle du nouveau-né est environ de 1/20^{ème}.

Fledelius et Christensen (1996) donnent des valeurs normales de 17,02 millimètres à la naissance, 20,19 mm à 1 an, 21,31 mm à 2 ans, 22,07 mm à 3 ans, avec un maximum de 23 mm à 10 ans.

Larsen (1971) grâce à ses études 1, II, III et IV retrouve des données similaires avec des longueurs axiales qui sont de 16,78 mm à la naissance, de 18,21 mm à 6 mois, de 20,61 mm à 1 an, de 20,79 mm à 2 ans, de 21,27 mm à 3 ans, de 21,85 mm à 5 ans, de 22,50 mm à 10 ans, de 23,15 mm à 13 ans, ce qui coïncide avec le terme de la croissance de l'œil.

Nous retenons les valeurs suivantes : 17 mm à la naissance, 18,5 mm à 6 mois, 20 mm à 1 an, 21 mm à 2 ans, 21,5 mm à 3 ans, 22 mm à 5 ans, 22,5 mm à 10 ans, 23 mm à 13 ans.

La majorité du développement du globe oculaire se fait durant les 3 premières années de vie, ensuite l'évolution est de 0,05mm à 0,1 mm par an.

Cette croissance rapide du globe est principalement due à la croissance de la sclère et du vitré, la surface de la cornée variant proportionnellement peu entre la naissance et 2 ans.

1. Phénomène d'emmétropisation

Il s'agit du phénomène qui conduit l'œil au statut d'emmétrope.

L'emmétropisation est le résultat d'un processus à la fois passif et actif :

– Le processus passif: Cette croissance du globe entraîne une réduction du système dioptrique de l'œil proportionnelle à l'augmentation de la longueur axiale. Le pouvoir dioptrique de la cornée est diminué par augmentation de son rayon de courbure. La puissance du cristallin est diminuée pour la même raison et son action amoindrie par une augmentation de la profondeur de la chambre antérieure. Lorsque ces

changements ne sont pas proportionnels, une amétropie en résulte.

– Le processus d’emmétropisation actif implique une information de feedback de la rétine concernant la qualité de focalisation de l’image avec adaptation conséquente de la longueur axiale. Il peut être considéré comme un ajustement fin complétant le processus passif.

L’emmétropisation active se déroule pendant la tendre enfance, mais l’œil reste malléable aux conditions environnementales jusqu’à l’âge de jeune adulte.

L’hérédité conditionne l’emmétropisation passive en déterminant la tendance du globe à atteindre certaines proportions, et l’environnement semble jouer un rôle en influençant l’action des mécanismes d’emmétropisation active.

2. Principe de la défocalisation hypermétropique

A – Chez l’emmétrope :

En rétine centrale, les rayons lumineux convergent et se focalisent parfaitement sur la macula, permettant la vision nette au loin. En rétine périphérique, les rayons lumineux convergent et se focalisent en arrière de la rétine, entraînant un flou en rétine périphérique. C’est la défocalisation hypermétropique.

B – Chez le myope portant des verres unifocaux:

En rétine centrale, les rayons lumineux convergent et se focalisent maintenant parfaitement sur la macula, permettant la vision nette au loin. En rétine périphérique, la correction unifocale ne corrige pas la défocalisation hypermétropique qui existe toujours en rétine périphérique.

Cette défocalisation hypermétropique est un stimulus à l’augmentation de la longueur axiale de l’œil, et donc à l’évolution myopique.

C – Principe de la défocalisation myopique en contrôle de la myopie

Pour contrôler la myopie, les solutions adaptées à défocalisation myopique permettent:

– En rétine centrale : de corriger la focalisation pour donner une vision nette au loin.

– En rétine périphérique : de réduire la défocalisation hypermétropique. Les rayons convergent alors en avant de la rétine.

3. Myopie évolutive

C’est l’état réfractif de l’œil supérieur à $-0,50\delta$ chez l’enfant, avec une combinaison de facteurs de risque quantifiables (réfraction actuelle, âge, etc.) qui entraînent une probabilité suffisante d’évolution de myopie. La myopie évolutive est une combinaison entre une myopie réfractive et une myopie axiale. Le but de la prise en charge de la myopie évolutive est d’essayer de freiner la progression de la myopie.

Il existe de nombreux facteurs qui peuvent accélérer l’évolution myopique : l’âge d’apparition de la myopie, l’historique familial, l’ethnicité, le temps passé à l’extérieur et le temps passé en vision de près.

A – Âge d’apparition de la myopie

Plus la myopie apparaît tôt, plus elle évoluera rapidement, et plus la valeur finale de la myopie sera importante.

D'après l'étude de Donovan et al. (2015a), la myopie semble apparaître de plus en plus tôt, elle apparaît en moyenne entre 8 et 10 ans le plus souvent. Si l'enfant a moins de 8 ans et qu'il commence à être myope, c'est un facteur de risque élevé d'évolution myopique. Cette étude est corrélée par celle de Tricard et al. (2021).

B – Historique familial

Les études de Kurtz et al. (2007) et de Loh et al. (2015) permettent d'établir que la myopie d'un ou des deux parents augmente le facteur de risque myopique de l'enfant.

La génétique de la myopie, c'est au moins 20 paires de chromosomes concernées, et plus de 50 gènes impliqués. Ce patrimoine génétique a pour conséquence le remodelage scléral et l'allongement du globe oculaire.

C – Ethnicité

La prévalence de la myopie est proportionnellement plus importante dans la population asiatique que dans la population européenne.

L'étude de Donovan et al. (2012b) et celle d'Hyman et al. (2005) montre que la myopie chez les enfants d'ethnicité asiatique progresse plus rapidement que chez les enfants d'ethnicité non-asiatique.

D – Temps passé à l'extérieur

L'exposition à la lumière du jour a un impact sur la freination de l'évolution myopique.

L'étude à Taiwan de Wu et al. (2013) sur 700 enfants montre qu'une augmentation du temps de récréation (+ 40 minutes/jour) entraîne chez les myopes une diminution de la myopie de 30%.

Il est recommandé de passer au moins 2 heures par jour à l'extérieur. Peu d'études ont été réalisées entre la quantité d'évolution myopique et temps passé à l'extérieur.

E – Temps passé en vision de près :

Selon les recherches de Bao et al. (2015), les paramètres facteurs d'évolution myopique sont :

- Une distance de travail trop proche, inférieur à 25 cm
- Un temps passé en lecture maintenu trop important, supérieur à 45 minutes (sans pauses)
- Manque de luminosité lors des activités VP

F – Autres facteurs :

Il existe d'autres facteurs, qui jouent un rôle estimé comme étant moins important : déprivation visuelle, accommodation, lumière bleue et violette, myopie nocturne, alimentation, mois de naissance, niveau d'étude, anthropométrie, intelligence, sexe et réfraction périphérique.

G – Complications associées à la myopie évolutive.

En cas de myopie évolutive, les risques de développer une pathologie oculaire augmentent.

Holden et al. (2016) montrent qu'environ 1% de la population mondiale est atteint d'une pathologie liée à sa myopie et estiment une augmentation à 10% de cette population en 2050. L'allongement de la longueur de l'œil entraîne un risque significatif de complications pathologiques pour l'œil et la vision.

D'après World Health Organization (2015), les conséquences de la myopie sont =

La dégénérescence maculaire myopique: c'est la première complication pathologique de la myopie. Cela engendre des altérations au niveau de la rétine : rupture de la membrane de Bruch, néovascularisation choroïdienne (CNV = néovascularisation choroïdienne), atrophie rétinienne.

La déchirure et le décollement rétinien: Une élongation axiale provoque un affinement de l'épaisseur rétinienne ce qui engendre un risque de déchirure.

Les corps flottants.

- **Le glaucome à angle ouvert :** 10% des patients atteints de myopie forte développent un glaucome (contre 2% sans myopie forte).
- **La cataracte :** Elle est plus précoce en moyenne de 10 ans plus tôt chez le sujet myope.

Tableau 1. *Complications liées à la quantité de myopie d'après Pauné (2018).*

Quantité de myopie	Cataracte	Glaucome	Déchirure rétinienne	Maculopathie myopique
-1δ à -3δ	2x	4x	3x	2x
-3δ à -6δ	3x	4x	9x	10x
>-6,00δ	5x	14x	22x	41x

D'après Bullimore et al. (2019), plus la myopie augmente, plus le risque de maladies oculaires est élevé.

H – Tests différentiels à effectuer pour la mise en évidence de la myopie évolutive : il existe deux indicateurs à l'évolution de la myopie:

- La mesure de l'évolution de la réfraction VL qui doit être réalisée sous cycloplégie.
- La mesure de l'évolution de la longueur axiale de l'œil, effectuée grâce à un biomètre.

Pour contrôler l'évolution de la myopie, il faut mettre en place un traitement de freination ou de contrôle de la myopie, avec deux objectifs de corriger le défaut réfractif de la myopie et de freiner l'évolution de la myopie.

Tableau 2. *Vitesses de progression du défaut réfractif en moyenne par an d'après l'étude de Mutti et al. (2007).*

Vitesses de Progression	
Lente	Moins de -0,25δ/an
Moyenne	Entre -0,25δ et -0,75δ/an
Rapide	Plus de -0,75δ/an

La comparaison des mesures obtenues aux valeurs de longueurs axiales précédentes permet d'évaluer l'évolution de la longueur axiale.

On peut ensuite comparer l'évolution moyenne chez cet enfant à la progression moyenne de la longueur axiale chez un enfant myope corrigé. Après 10 ans, la vitesse de progression axiale normale est de 0,1 mm/an. On parle d'évolution rapide quand elle est supérieure à cette valeur.

L'évolution de la longueur axiale du globe est le meilleur indicateur d'évolution myopique, en recherche, et aussi en clinique. Cette mesure est jusqu'à 10 fois plus pertinente et sensible pour détecter et suivre la progression myopique, par rapport à la réfraction. Maintenir la myopie en dessous de -3.00δ et la longueur axiale en dessous de 26 mm permettra de diminuer à long-terme

le risque de déficience visuelle et de pathologie oculaire.

Une myopie faible ne signifie pas forcément une longueur axiale normale ou faible.

D'après l'étude de Hou et al. (2018), la croissance de la longueur axiale est terminée autour de l'adolescence (vers l'âge de 16 ans). Elle est environ de 23 mm chez la fille et de 23,5 mm chez le garçon (emmétrope).

Chez le myope, la croissance de la longueur de l'œil commence à s'accélérer avant l'apparition de la myopie et continue ensuite.

Tableau 3. Évolutions de la longueur axiale chez les enfants selon Clergeau (2007b)

Évolutions de la longueur axiale chez les enfants qui restent emmétropes	Evolutions de la longueur axiale chez les enfants qui deviennent myopes	
Avant 10 ans	0,1 à 0,2 mm/an	+/-0,30 mm/an
Après 10 ans	< 0,1 mm/an	+/-0,20 mm/an

Généralement, le fort myope présente une longueur axiale plus importante.

La règle théorique est qu'une évolution axiale de 1 mm engendre une myopisation de 2,60δ.

En réalité, selon plusieurs études, cette évolution axiale engendrerait :

– 1 mm = 2,40δ (étude Chamberlain et al. MiSight (2019))

– 1 mm = 1,63δ (étude Walline et al. BLINK (2020)).

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Type d'étude

La littérature scientifique existante en 2023, a permis une recherche bibliographique et documentaire pour ce travail. Des informations qualitatives ont été utilisées afin de démontrer les conséquences d'une évolution myopique sur les capacités visuelles de l'enfant. Cette étude permettra de voir les facteurs de risques, les complications potentielles et les méthodes de traitement à disposition en France en 2023.

Population source

Cette étude concentre ses recherches sur une cible d'enfants myopes de moins de 16 ans.

Matériels et Stratégie de collecte des données

Les documents utilisés sont issus de PubMed ou des fabricants directement concernés par le produit cité. La collecte des données et articles a été réalisée selon les directives du système PRISMA à l'aide de critères d'inclusion et d'exclusion.

Les recherches sur PubMed ont été faites par mots clés comme : myopie chez l'enfant,

élongation axiale, D.I.M.S myopia, aspherical lenslets, classifying myopia, myopia progression and axial elongation, myopic children, atropine.

Les articles sélectionnés pour cette étude sont tous publiés après 1996 et traitent tous des risques et conséquences de la myopisation de l'enfant, ainsi que des différents traitements proposés.

Le but est de montrer qu'une prise en charge spécifique et précoce est essentielle afin de préserver le développement oculaire et les capacités visuelles de l'enfant afin de ne pas l'exposer aux pathologies qui pourraient survenir en cas d'évolution forte.

Les résumés, conclusions des articles sont lus. Les articles gardés, assemblés seront analysés pour en tirer les informations intéressantes à l'étude. 48 articles sont inclus dans cette étude.

Les articles et documents en littérature française, anglaise ont été sélectionnés avec utilisation de l'outil Google traduction.

Critère d'inclusion

Ce sont les articles et les documents qui apportent une information pertinente au sujet étudié et donc en rapport avec la myopie et l'enfant.

Critère d'exclusion

Ce sont les articles et les documents qui ne sont pas en rapport avec le sujet, et dont l'information n'est pas crédible. Ainsi que ceux qui traitent du myope adulte.



Figure 1. Outil Prisma Flow Diagram utilisé pour ce mémoire

RÉSULTAT

Il existe de nombreuses solutions de prise en charge de la myopie évolutive, en lunettes, en lentilles, chirurgicalement et avec collyres pour freiner l'évolution d'une myopie.

Il existe de nombreuses solutions de prise en charge de la myopie évolutive, en lunettes, en lentilles, chirurgicalement et avec collyres pour freiner l'évolution d'une myopie.

Tableau 4. Propositions de prise en charge de la myopie évolutive en 2023 d'après Brennan et al. (2021) et WSPOS (2023).

Lunettes	Lentilles	Autres
Technologie DIMS	Souple à double focus	Atropine à dosage 0,05%
Technologie HALT	Souple à profondeur de focus étendue	Atropine à dosage 0,025%
Defocus périphérique	Souple multifocale à VL centrale	Atropine à dosage 0,01%
Double-foyers	Orthokératologie	Conseils de prévention
Double-foyers périphériques		Rééducation orthoptique
Verres progressifs		Renforcement scléral

Les études utilisées, pour ces résultats, comparent deux mesures afin de juger l'efficacité d'une méthode de freination :

– Avec la valeur moyenne Δ du ralentissement myopique par an, par rapport à un groupe contrôle qui ne portait pas de système à freination myopique

– Avec le pourcentage moyen % du ralentissement myopique par an, par rapport à un groupe contrôle qui ne portait pas de système à freination myopique

Pour évaluer l'évolution de la réfraction dans le temps, il est nécessaire de comparer la valeur trouvée lors de la mesure aux corrections précédentes. On peut alors évaluer, la vitesse de progression du défaut réfractif.

LES VERRES

Sans action de contrôle de la myopie

A – Verres unifocaux VL :

Ils n'ont aucune efficacité sur le ralentissement de l'évolution myopique.

Ils sont utilisés dans les études scientifiques avec le groupe contrôle, pour mesurer l'évolution de la myopie chez les enfants chez qui elle n'est pas traitée.

Ces verres sont souvent utilisés pour corriger les yeux myopes, par non-connaissance des équipements de prise en charge de la myopie évolutive ou volonté des parents d'attendre de voir comment la myopie évolue, avant de commencer une option de prise en charge de la myopie évolutive.

B – Verres à soulagement accommodatif (ou antifatigue) :

Ils n'ont aucune efficacité sur le ralentissement de l'évolution myopique. L'addition est trop faible pour avoir une quelconque action de défocalisation sur la rétine périphérique.

C – Verres qui sous corrigent ou sur-correctent :

Logan et al. (2020) ont démontré que ce choix n'a aucune efficacité sur le ralentissement de l'évolution myopique, au contraire cela risque même une augmentation de l'évolution myopique.

Dans la pratique, il est difficile de contrôler la sous-corrrection, car l'enfant peut rester sous-correcté jusqu'au prochain rendez-vous de contrôle.

Il n'existe actuellement pas de preuves scientifiques qui montrent les bénéfices de sur-corriger ou de sous-corriger la myopie. La correction totale de la myopie mesurée est recommandée par les études cliniques.

Lunettes avec verres à contrôle myopique.

A – Technologie DIMS : MiYOSMART, Hoya.

DIMS = Defocus Incorporated Multiple Segments

Cette technologie correspond au verre MiYOSMART de chez HOYA.

Le système DIMS fonctionne comme une lentille de contact souple qui bouge avec l'œil. Il est constitué de 3 zones :

– Une zone centrale unifocale de 9,4 mm de diamètre, avec la correction de vision de loin.

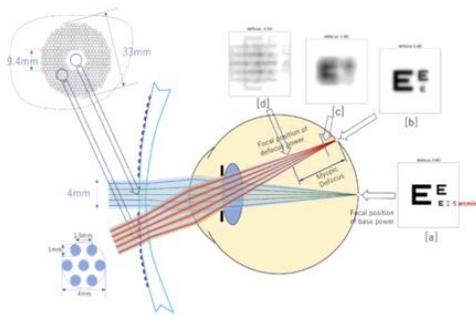
– Une zone annulaire de 33 mm de diamètre, composée de multiples segments, pour créer

une défocalisation myopique. Chaque segment a une puissance de +3,50 δ.

– Une zone en périphérie extérieure avec la correction de vision de loin.

L'étude sur les verres ophtalmiques D.I.M.S. (Defocus Incorporated Multiple Segments) de Lam et al. (2014) montre que ces verres ralentissent l'évolution de la myopie.

Figure 2. Conception d'un verre DIMS. Extrait de <https://www.hoyavision.com/fr/pour-les-porteurs-de-lunettes/miyosmart/>



Avec la technologie D.I.M.S., 50% des rayons sont focalisés sur la rétine et 50% des rayons sont focalisés en avant de la rétine. Cela amène une efficacité d'environ 67% par an sur la réfraction et de 60% par an sur la longueur axiale.

B – Technologie H.A.L.T : STELLEST TM Essilor.

A.L.T = Highly Aspherical Lenslet Target.

Cette technologie correspond au verre Stellest TM de chez ESSILOR. Elle

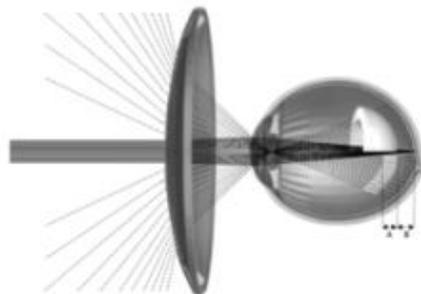
correspond à la même technologie que le MIYOSMART de Hoya.

Le verre est composé de 2 zones.

– Une zone centrale sphérique unifocale, avec la correction de vision de loin.

– Une zone annulaire composée de 11 anneaux concentriques formés par des lentilles asphériques contiguës. Chaque lentille a un diamètre de 1,1 mm.

Figure 3. Conception d'un verre H.A.L.T. Extrait de <https://global.essilor.com/fr/produits/stellest>



L'étude sur les verres ophtalmiques H.A.L.T (Highly Aspherical Lenslet Target) de Bao et al. (2021) montre que ces verres ralentissent l'évolution de la myopie. Cette technologie amène une efficacité d'environ 52% par an sur la réfraction et de 62% par an sur la longueur axiale.

C – Defocus périphérique.

Defocus périphérique = Peripheral aspheric design.

Cette technologie correspond au verre MyoVision Ace, de chez ZEISS notamment.

Ce verre est composé de 2 zones.

– Zone centrale 12 mm

– Asphérisation en périphérie jusqu'à 2,50 dioptries.

Cette technologie amène une efficacité d'environ 30% par an sur la réfraction et de 20% par an sur la longueur axiale. L'étude de Bao et al. (2022) montre que ce moyen offre des résultats inférieurs aux D.I.M.S et H.A.L.T.

D – Autres équipements de verres à contrôle myopique.

Ce sont les équipements utilisés avant l'arrivée des verres à défocalisation myopique (D.I.M.S. et H.A.L.T.) :

– Verres double foyers (de type executive ou telex, à segment droit) :

Une addition de +1,50δ est conseillée, elle entraîne une défocalisation sur la rétine supérieure. Cela amène une efficacité d'environ 30% par an sur la réfraction et sur la longueur axiale.

– Verres double foyers prismatiques (de type executive ou telex, à segment droit) :

Ils entraînent une défocalisation sur la rétine supérieure.

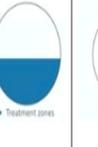
Ils sont constitués d'une addition de +1,50δ et d'un prisme de 3Δbase interne sur chaque œil pour éviter le changement de la phorie dû à l'addition convexe.

Cela amène une efficacité d'environ 50% par an sur la réfraction et de 30% par an sur la longueur axiale.

– Verres progressifs : Ils entraînent une défocalisation sur la rétine supérieure.

Les additions de +1,50 δ ou +2,00 δ sont préconisées. Cela entraîne une efficacité d'environ 25% par an sur la réfraction et 15% par an sur la longueur axiale.

Tableau 5. Comparaison de l'efficacité des différents types de correction optique « lunettes » d'après les résultats de Bao et al. (2022), Lam et al. (2015b), Cheng et al. (2010), Cheng et al. (2014), Hasebe et al. (2008), Yang et al. (2009)..

H.A.L.T.	D.I.M.S.	Défocuss périphérique	Double Foyers prismatique	Double Foyers	Progressif
Stellest™ ESSILOR	Miyosmart HOYA	MyoVision Ace ZEISS	Myopilux Max ESSILOR	Executive +1,50d	add +2,00d
					
ΔRE: 67%	ΔRE: 52%	ΔRE: 30%	ΔRE: 51%	ΔRE: 39%	ΔRE: 14% à 47%
ΔLA: 60%	ΔLA: 62%	ΔLA: 20%	ΔLA: 34%	ΔLA: 31%	ΔLA: 14%

LEGENDE : ΔRE : ralentissement de l'erreur réfractive par an / ΔLA : ralentissement de la longueur axiale par an.

LENTILLES

Aucune action sur le contrôle myopique.

Les lentilles unifocales VL souples et rigides n'ont aucune efficacité sur le ralentissement de l'évolution myopique.

Lentilles à contrôle myopique disponibles en France.

A – Souples à double focus : MiSight CooperVision.

Lentilles souples concentriques à double focus (dual focus) MiSight® 1 day
La géométrie entraîne une défocalisation myopique sur la rétine périphérique.

Ce sont des lentilles souples défocalisantes concentriques avec :

- Deux zones de correction zone centrale VL.
- Deux zones de traitement (addition de +2,00 δ, entraînant la défocalisation

myopique responsable de la freination de la myopie).

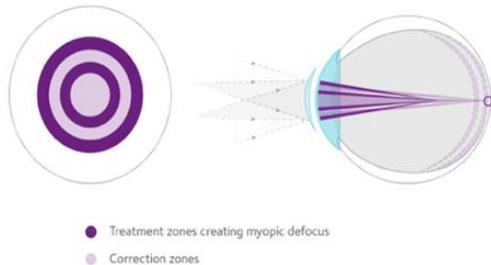


Figure 4. Géométrie de la lentille Misight Coopervision. Extrait de : <https://coopervision.fr/professionnels/lentilles-de-contact/misight-1-day#product-details>

Les études de Chamberlain et al. et Logan et al. (2020) ont montré les bénéfices de cette géométrie sur l'évolution myopique sur 3 ans. Cette technologie amène une efficacité d'environ 59% par an sur la réfraction et de 52% par an sur la longueur axiale.

B – Lentilles Souples à profondeur de focus étendue (EDOF).

Ces sont des lentilles souples à profondeur de focus étendue (EDOF = *Extended depth of focus*). NaturalVue (Menicon) et Mylo (Mark'envoy) sont distribuées en France.

Ces lentilles entraînent une défocalisation myopique sur la rétine périphérique, grâce à l'augmentation de la profondeur de champ. La zone de traitement comporte une addition jusqu'à +1,75δ qui entraîne une défocalisation myopique responsable de la freination de la myopie.

Cette technologie amène une efficacité d'environ 32% par an sur la réfraction et de 25% par an sur la longueur axiale.

C – Lentilles Souples Multifocales à VL centrale (Distance).

Ce sont des lentilles souples multifocales à VL centrale (Distance).

Biofinity Distance (CooperVision) et *Multifocal Distance* (CooperVision) et *Proclear Multifocal Distance* (CooperVision) sont disponibles en France.

Le profil optique comporte une zone centrale de 3 mm de diamètre à vision de loin (distance) et une addition de :

– +1,50δ : l'impact est non-significatif sur le contrôle myopique. Cette addition est déconseillée dans le cadre de suivi d'évolution myopique.

– +2,00δ Distance : cette addition peut être utilisée.

– +2,50δ Distance : cette addition est recommandée.

Cette technologie amène une efficacité d'environ 43% par an sur la réfraction et de 36% par an sur la longueur axiale.

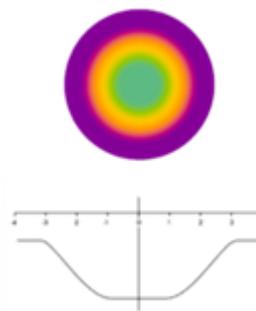


Figure 5. Géométrie de la lentille Biofinity Coopervision. Extrait de : <https://coopervision.fr/professionnels/nos-produits/technologie-du-produit/technologie-balanced-progressive>

D – Orthokératologie

Lentilles d’orthokératologie sont des lentilles rigides portées la nuit. Elles permettent une meilleure oxygénabilité pour un port nocturne sécurisé.

Ces lentilles sont composées de plusieurs zones :

- Une zone optique centrale.
- Une zone annulaire de traitement avec addition qui permet la défocalisation myopique.
- Une zone périphérique d’excentricité.

Cette technique est réversible et non-invasive. Les études de Chen et al. (2013) ont montré l’efficacité de cette méthode. Ces lentilles entraînent une défocalisation myopique sur la rétine périphérique.

Les travaux de Fan et al. (2004) et de Lam et al. (2014) montrent que quand les lentilles ne sont pas portées, on doit combiner le port d’une paire de lunettes, idéalement avec des verres à freination myopique.

Cette technologie amène une efficacité d’environ 45% par an sur la longueur axiale.

Tableau 6. Comparaison de l’efficacité des différents types de correction optique « lentilles » d’après les travaux de Chamberlain et al. (2019b), Sankaridurg et al. (2019), Si et al. (2015) et Sun et al. (2015).

Double focus	EDOF	Multifocale VL distance	Orthokératologie
MiSight COOPERVISION	MYLO +1,75d MARKENNIVY	Bofita MF D +2,50d COOPERVISION	
ARE : 59%	ARE : 32%	ARE : 43%	En pratique, très bonne efficacité sur la RE mais peu de données ALA : 45%
ALA : 52%	ALA : 25%	ALA : 36%	

LEGENDE : ARE : ralentissement de l’erreur réfractive par an / ALA : ralentissement de la longueur axiale par an.

ATROPINE (COLLYRES ANTIMUSCARINIQUES).

L’atropine peut être un traitement de première ligne pour freiner la myopie évolutive, si la progression myopique est rapide, si les facteurs de risque sont élevés et si les autres équipements de prise en charge en lunettes et lentilles ne sont pas efficaces.

Le mécanisme exact de l’atropine dans le contrôle de la myopie n’est pas connu. Il semble que l’atropine agisse directement, ou indirectement, sur la rétine ou la sclère, inhibant l’amincissement ou l’étirement scléral, et la croissance oculaire.

L’action de l’atropine (antimuscarinique) sur l’œil engendre une mydriase, une cycloplégie, un blocage l’action de l’acétylcholine (qui agit pour le développement de la rétine) et permettrait d’après Chen et al. (2019) de ralentir la croissance axiale du globe et donc un contrôle myopique.

Le traitement est souvent proposé en combinaison d’une autre prise en charge

L’atropine à faible dosage ne perturbe pas les capacités d’accommodation en vision de près et ne nécessite donc pas le port d’une addition spécifique.

Il ne faut pas que le dosage d’atropine soit trop élevé sinon il y aura trop d’effets secondaires. Plusieurs dosages sont essayés de 0,01% (étude atropine in the traitement of myopia : ATOM 2), 0,025% à 0,05%. L’étude LAMP de Yam et al. (low-concentration atropine for myopia progression) a suggéré que la concentration de 0,05 % était la plus efficace et restait bien tolérée.

Une correction optique est indispensable, dans tous les cas d'utilisation d'atropine, pour ralentir la progression myopique.

Tableau 7. Comparaison de l'efficacité des différentes concentrations pharmacologiques d'après les publications de Yam et al. (2019), Cooper et al. (2013).

Atropine 0,05%	Atropine 0,025%
	
ΔRE : 66%	ΔRE : 43%
ΔLA : 51%	ΔLA : 29%

LEGENDE : ΔRE : ralentissement de l'erreur réfractive par an / ΔLA : ralentissement de la longueur axiale par an.

Conseils de prévention (Participants à l'amélioration de la prise en charge du myope)

Le rôle de l'opticien est de préconiser plusieurs conseils à l'enfant, pour accompagner la freination de l'évolution myopique.

Le respect des conseils ergonomiques permet de potentialiser et de maximiser l'action de l'équipement de contrôle myopique.

A – Règle des 2 heures

L'étude de Huang et al. (2020) préconise : « Un enfant doit passer au moins 2 heures par jour à l'extérieur. Il faut essayer de limiter le temps passé sur les écrans quand ils sont utilisés pour les loisirs, en dehors du temps

d'école ou des devoirs (avec un maximum de 2 heures par jour sur écran) ».

Passer du temps à l'extérieur diminue le risque d'apparition de la myopie.

Passer du temps à l'extérieur augmente la production de dopamine (secrétée par la lumière du jour), qui contribuerait à freiner la croissance de l'œil.

B – Règle des 20/20/20

« L'enfant doit prendre l'habitude de faire une pause lors de la lecture toutes les 20 minutes. Il doit alors regarder de l'autre côté de la pièce (à 20 pieds=6 m) pendant 20 secondes, pour relâcher la mise au point de l'œil. Puis, il peut retourner à sa lecture. Par exemple, c'est la pause qu'il prend à chaque nouveau chapitre ».

C – Règle de la distance du coude

« L'enfant doit essayer de maintenir une bonne distance de lecture, équivalente à la longueur de son avant-bras à partir de ses yeux. ».



Figure 6. Écoliers chinois avec barre d'appui pour induire la distance de lecture. Source :

D – Règle du bon éclairage

« L'enfant doit être bien éclairé pour toutes les tâches rapprochées : pour la lecture, pour faire ses devoirs, etc. On recommande un

éclairage ambiant dans la pièce, et en plus, un éclairage directionnel vers le support de lecture, par exemple une lampe de bureau. On la place du côté opposé à la main qui écrit pour éviter les ombres portées ».

E – Conseils sur les temps d'écran

Pour les nourrissons et tout-petits: aucun écran.

Pour les enfants d'âge pré-scolaire: maximum 1 heure d'écran par jour.

Pour les enfants d'âge scolaire : maximum 2 heures d'écran par jour.

Les résultats les plus probants sont en faveur des verres à freination de myopie : Stellest Essilor et Miyosmart Hoya. Ces géométries sont celles qui offrent les meilleurs ralentissements de l'erreur réfractive et la longueur axiale par an. La lentille Misight a une efficacité plus faible.

Toute prise en charge peut être combinée. Une prise en charge (en lunettes ou lentilles à contrôle myopique) pour corriger la myopie ajoutée à un traitement sous atropine à faible dosage.

Cela est intéressant quand la progression myopique est très rapide, on peut combiner deux équipements de contrôle myopique :

- Atropine et orthokératologie.
- Atropine et lentilles souples à contrôle myopique.
- Atropine et verres freinateurs.

DISCUSSION

L'objectif de cette étude bibliographique est de démontrer l'évolution importante de l'amétropie myopique chez les enfants.

Pour faire face à cette évolution, liée à nos changements de mode de vie, plusieurs solutions optiques (verres, lentilles à freination myopique et atropine) sont, aujourd'hui en France, à notre disposition.

Une prise en charge précoce du défaut visuel est essentielle afin de limiter le risque de pathologie oculaire.

Limites et Faiblesses de l'étude

Les études cliniques réalisées jusqu'à 2023 sont majoritairement effectuées en Asie sur des patients asiatiques et non caucasiens. Il est très difficile de comparer deux équipements de prise en charge myopique entre eux car dans chaque étude, les populations, les méthodes et les conditions sont souvent différentes :

- Population asiatique / caucasienne.
- Âges des enfants différents.
- Myopies initiales différentes.
- Temps de port des lunettes/lentilles (8h par jour, 12h par jour, etc.).
- –Durées des études différentes.
- Etc ...

Il faut donc faire attention lors de la comparaison de l'efficacité de deux options entre elles.

Seules les études réalisées par Hoya (Miyosmart) et Essilor (Stellest) sont depuis peu effectuées sur un public caucasien et à terme cela permettra d'avoir des résultats plus fournis. Les études sont réalisées sur de faibles échantillonnages de population et le suivi et l'implication des parents des sujets sont essentiels pour l'interprétation des résultats.

Enfin, ces résultats sont liés à de multiples facteurs extrinsèques qui viennent les moduler.

L'atropine a faible dosage offre une solution complémentaire au traitement des évolutions rapides. Toutefois en France, a la faible disponibilité du collyre conditionne actuellement son utilisation.

Quel que soit le système ou le dosage d'atropine utilisé (0,01 % ou 0,05 %), il est nécessaire de prendre garde à l'effet rebond à l'arrêt du traitement.

CONCLUSION

La myopie évolutive est un problème de santé publique.

La réfraction et la longueur axiale sont les indicateurs principaux de l'évolution myopique. De nombreux facteurs de risques existent.

Une paire de lunettes adaptée avec des verres à freination myopique, ou des lentilles adaptées à freination myopique sont les deux principales prises en charge visuelle de ces enfants en évolution myopique.

Elles sont complétées :

- Par les conseils de prévention de l'opticien,
- Par le suivi de l'évolution myopique par l'ophtalmologiste et,
- Par une prise en charge éventuelle en orthoptie.

Le rôle de l'opticien-optométriste en France est d'informer les parents sur le sujet de la myopie évolutive et d'orienter au besoin vers un ophtalmologiste et vers les solutions de freination myopique disponibles.

Il existe deux voies de contrôle de la myopie : d'une part, pour prévenir son apparition et, d'autre part, pour réduire, empêcher ou

freiner sa progression une fois qu'elle est présente et évolutive. Chez l'enfant, plusieurs techniques permettent de freiner la progression quand la myopie s'accélère.

Les actions potentielles pour prévenir son développement ou ralentir sa progression regroupent : le temps passé à l'extérieur, les verres défocalisants, les lentilles de contact défocalisantes, l'orthokératologie, les traitements pharmacologiques et la chirurgie de renfort scléral.

REFERENCES

- Bao, J., Drobe, B., Wang, Y., Chen, K., Seow, E. J., & Lu, F. (2015). Influence of Near Tasks on Posture in Myopic Chinese Schoolchildren. *Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry*, 92(8), 908–915. DOI: [10.1097/OPX.0000000000000658](https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000000658)
- Bao, J., Huang, Y., Li, X., Yang, A., Zhou, F., Wu, J., Wang, C., Li, Y., Lim, E.W., Spiegel, D.P., Drobe, B., Chen, H. (2022). Spectacle Lenses With Aspherical Lenslets for Myopia Control vs Single-Vision Spectacle Lenses A Randomized Clinical Trial. *JAMA Ophthalmology*, 140(5), 472-478. DOI : [10.1001/jamaophthalmol.2022.0401](https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2022.0401)
- Bao, J., Yang, A., Huang, Y., Li, X., Pan, Y., Ding, C., Lim, E. W., Zheng, J., Spiegel, D. P., Drobe, B., Lu, F., & Chen, H. (2022). One-year myopia control efficacy of spectacle lenses with aspherical lenslets. *The British journal of ophthalmology*, 106(8), 1171–1176. DOI: [10.1136/bjophthalmol-2020-318367](https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2020-318367)
- Brenan, N.A., Toubouti, Y.M., Cheng, X., Bullimore, M.A. (2021). Efficacy in myopia control

. *Progress in Retinal Eye Research*, 83, 100923.

DOI: [10.1016/j.preteyeres.2020.100923](https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2020.100923)

Bullimore, M.A., Brennan, N.A. (2019). Myopia Control: Why Each Diopter Matters. *Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry*, 96(6), 463-5. DOI: [10.1097/OPX.0000000000001367](https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001367)

Chamberlain, P., Peixoto-de-Matos, S.C., Logan, N.S., Ngo C., Jones, D., Young, G. (2019). A 3-year Randomized Clinical Trial of MiSight Lenses for Myopia Control. *Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry*, 96(8), 556-67. DOI: [10.1097/OPX.0000000000001410](https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001410)

Charm, J., Cho, P. (2013). High myopia-partial reduction ortho-k: a 2-year randomized study. *Optometry and vision science*, 90(6), 530-9. DOI: [10.1097/OPX.0b013e318293657d](https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e318293657d)

Chen, C., Cheung, S.W., Cho, P. (2013). Myopia control using toric orthokeratology (TO-SEE study). *Investigative ophthalmology & visual science*, 54(10), 6510-7. DOI: [10.1167/iovs.13-12527](https://doi.org/10.1167/iovs.13-12527)

Chen, Z., Huang, S., Zhou, J., Xiaomei, Q., Zhou, X., Xue, F. (2019) Adjunctive Effect of orthokeratology and low dose atropine on axial elongation in fast-progressing myopic children-A preliminary retrospective study, *Contact Lens & Anterior Eye*. 42(4), 439-442. DOI: [10.1016/j.clae.2018.10.026](https://doi.org/10.1016/j.clae.2018.10.026)

Cheng, D., Schmid, K.L., Woo, G.C., Drobe, B. (2010). Randomized trial of effect of bifocal and prismatic bifocal spectacles on

myopic progression: two-year results. *Archives of Ophthalmology*, 128(1), 12–

9. DOI: [10.1001/archophthalmol.2009.332](https://doi.org/10.1001/archophthalmol.2009.332)

Cheng, D., Woo, G.C., Drobe, B., Schmid, K. (2014). Effect of Bifocal and Prismatic Bifocal Spectacles on Myopia Progression in Children. Three-Year Results of a Randomized Clinical Trial. *JAMA Ophthalmology*, 132(3), 258-64. DOI: [10.1001/jamaophthalmol.2013.7623](https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2013.7623)

Clergeau, G. (2007). Infant ametropias and their evolutions (myopia, hyperopia, astigmatism). *La Revue du Praticien*, 57(18), 2009-13. PMID : 18326435.

Cooper, J., Eisenberg, N., Schulman, E., Wang, F.M. (2013). Maximum atropine dose without clinical signs or symptoms. *Optometry and Vision Science*, 90(12), 1467-72.

DOI: [10.1097/OPX.0000000000000037](https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000000037)

Ding, B.Y., Shih, Y.F., Lin, L.L.K., Hsiao, C.K., Wang, I-J. (2017). Myopia among schoolchildren in East Asia and Singapore. *Survey of ophthalmology*, 62(5), 677-697. DOI

: [10.1016/j.survophthal.2017.03.006](https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2017.03.006)

Donovan, L., Sankaridurg, P., Ho, A., Naduvilath, T., Smith, E.L.I., Holden, B.A. (2012). Myopia progression rates in urban children wearing single-vision spectacles. *Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry*, 89(1), 27-32. DOI : [10.1097/OPX.0b013e3182357f79](https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e3182357f79)

Eong, K.G.A., Tay, T.H., Lim, M.K. (1993). Race, culture and myopia in 110, 236 young Singaporean males. *Singapore Medical Journal*, 34(1), 29-32. PMID : 8266124

Fan, D.S., Rao, S.K., Cheung, E.Y., Islam, M., Chew, S., Lam, D.S.C. (2004).

- Astigmatism in Chinese preschool children: prevalence, change, and effect on refractive development. *The British journal of ophthalmology*, 88(7), 938-41. DOI: [10.1136/bjo.2003.030338](https://doi.org/10.1136/bjo.2003.030338)
- Fledelius, H.C., Christensen, A.C. (1996). Reappraisal of the human ocular growth curve in fetal life, infancy, and early childhood. *The British journal of ophthalmology*, 80 (10), 918-921. DOI: [10.1136/bjo.80.10.918](https://doi.org/10.1136/bjo.80.10.918)
- Flitcroft, D.I., He, M., Jonas, J.B., Jong, M., Naidoo, K., Ohno-Matsui, K., Rahi, J., Resnikoff, S., Vitale, S., Yannuzzi, L. (2019). IMI—Defining and classifying myopia: a proposed set of standards for clinical and epidemiologic studies. *Investigative ophthalmology & visual science*, 60(3), M20-30. DOI : [10.1167/iovs.18-25957](https://doi.org/10.1167/iovs.18-25957)
- Hasebe, S., Ohtsuki, H., Nonaka, T., Nakatsuka, C., Miyata, M., Hamasaki, I., Kimura, S. (2008). Effect of progressive addition lenses on myopia progression in Japanese children: a prospective, randomised, double-masked, crossover trial. *Investigative ophthalmology & visual science*, 49(7), 2781– 2789. DOI: [10.1167/iovs.07-0385](https://doi.org/10.1167/iovs.07-0385)
- Holden, B.A., Fricke, T.R., Wilson, D.A., Jong, M., Naiido, K.S., Sankaridurg, P., Wong, T.Y., Naduvilath, T.J., Resnikoff, S. (2016). Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*, 123 (5), 1036-42. DOI: [10.1016/j.ophtha.2016.01.006](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.01.006)
- Hou, W., Norton, T.T., Hyman, L., Gwiazda, J.; COMET Group. (2018). Axial Elongation in Myopic Children and its Association with Myopia Progression in the Correction of Myopia Evaluation Trial. *Eye Contact Lens*, 44(4), 248-259. DOI: [10.1097/ICL.0000000000000505](https://doi.org/10.1097/ICL.0000000000000505)
- Huang, P.C., Hsiao, Y.C., Tsai, C.Y., Tsai, D.C., Chen, C.W., Hsu, C.C., Huang, S.C., Lin, M.H., Liou, Y.M. (2020). Protective behaviours of near work and time outdoors in myopia prevalence and progression in myopic children: a 2-year prospective population study. *The British journal of ophthalmology*, 104(7), 956-961. DOI : [10.1136/bjophthalmol-2019-314101](https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2019-314101)
- Hyman, L., Gwiazda, J., Hussein, M., Norton, T.T., Wang, Y., Marsh-Tootle, W., Everett, D. (2005). Relationship of age, sex, and ethnicity with myopia progression and axial elongation in the correction of myopia evaluation trial. *Archives of Ophthalmology*, 123(7), 977-987. DOI : [10.1001/archophth.123.7.977](https://doi.org/10.1001/archophth.123.7.977)
- Kurtz, D., Hyman, L., Gwiazda, J.E., Manny, R., Dong, L.M., Wang, Y., Scheiman, M. (2007). Role of parental myopia in the progression of myopia and its interaction with treatment in COMET children. *Investigative ophthalmology & visual science*, 48(2), 562-570. DOI: [10.1167/iovs.06-0408](https://doi.org/10.1167/iovs.06-0408)
- Lam, C.S., Tang, W.C., Tse, D.Y., Tang, Y.Y., To, C.H. (2014). Defocus Incorporated Soft Contact (DISC) lens slows myopia progression in Hong Kong Chinese schoolchildren: a 2-year randomised clinical trial. *The British journal of*

- ophthalmology*, 98(1), 40-5. DOI: [10.1136/bjophthalmol-2013-303914](https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2013-303914)
- Lam, C.S.Y., Tang, W.C., Tse, D.Y., Lee, R.P.K., Chun, R.K.M., Hasegawa, K., Qi, H., Hatanaka, T., To, C.H. (2018). Les verres ophtalmiques DIMS (Defocus Incorporated Multiple Segments) ralentissent l'évolution de la myopie : essai clinique randomisé sur 2 ans. *The British journal of ophthalmology*, 104(3), 363-368. DOI: [10.1136/bjophthalmol-2018-313739](https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2018-313739)
- Larsen, J.S. (1971). The sagittal growth of the eye. 1. Ultrasonic measurement of the depth of the anterior chamber from birth to puberty. *Acta Ophthalmologica*, 49 (2), 239-262. DOI: [10.1111/j.1755-3768.1971.tb00949.x](https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.1971.tb00949.x)
- Larsen, J.S. (1971). The sagittal growth of the eye. II. Ultrasonic measurement of the axial diameter of the lens and the anterior segment from birth to puberty. *Acta Ophthalmologica*, 49 (3), 427-440. DOI: [10.1111/j.1755-3768.1971.tb00968.x](https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.1971.tb00968.x)
- Larsen, J.S. (1971). The sagittal growth of the eye. III. Ultrasonic measurement of the posterior segment (axial length of the vitreous) from birth to puberty. *Acta Ophthalmologica*, 49 (3), 441-453. DOI: [10.1111/j.1755-3768.1971.tb00969.x](https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.1971.tb00969.x)
- Larsen, J.S. (1971). The sagittal growth of the eye. IV. Ultrasonic measurement of the axial length of the eye from birth to puberty. *Acta Ophthalmologica*, 49 (6), 873-886. DOI: [10.1111/j.1755-3768.1971.tb05939.x](https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.1971.tb05939.x)
- Lin, L.L., Chen, C.J., Hung, P.T., Ko, L.S. (1988). Nationwide survey of myopia among schoolchildren in Taiwan, 1986. *Acta Ophthalmologica*, 185, 29-33. DOI : [10.1111/j.1755-3768.1988.tb02657.x](https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.1988.tb02657.x)
- Logan, N.S., Wolffsohn, J.S. (2020). Role of un-correction, under-correction and over-correction of myopia as a strategy for slowing myopic progression. *Clinical & Experimental Optometry*, 103(2), 133-137. DOI : [10.1111/cxo.12978](https://doi.org/10.1111/cxo.12978)
- Loh, K.L., Lu, Q., Tan, D., Chia, A. (2015). Risk factors for progressive myopia in the atropine therapy for myopia study. *American Journal of Ophthalmology*, 159(5), 945-949. DOI: [10.1016/j.ajo.2015.01.029](https://doi.org/10.1016/j.ajo.2015.01.029)
- Mutti, D.O., Hayes, J.R., Mitchell, G.L., Lones, L.A., Moeschberger, M.L., Cotter, S.A., Kleinstein, R.N., Manny, R.E., Twelker, J.D., Zadnik, K., CLEERE Study Group (2007). Refractive error, axial length, and relative peripheral refractive error before and after the onset of myopia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 48(6), 2510-2519. DOI : [10.1167/iovs.06-0562](https://doi.org/10.1167/iovs.06-0562)
- North, R.V., Kelly, M.E. (1987). A review of the uses and adverse effects of topical administration of atropine. *Ophthalmic & physiological optics: the journal of the British College of Ophthalmic Opticians*, 7(2), 109-114. DOI : [10.1111/j.1475-1313.1987.tb01004.x](https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.1987.tb01004.x)
- Sankaridurg, P., Bakaraju, R.C., Naduvilath, T., Chen, X., Weng, R., Tilia, D., Xu, P., Li, W., Conrad, F., Smith, L., Ehrmann, K. (2019). Myopia control with novel central and peripheral plus contact lenses and extended depth of focus contact lenses: 2

- years results from a randomised clinical trial. *Ophthalmic & physiological optics: the journal of the British College of Ophthalmic Opticians*, 39(4), 294–307. DOI : [10.1111/opo.12621](https://doi.org/10.1111/opo.12621)
- Si, J.K., Tang, K., Bi, H.S., Guo, D.D., Guo, J.G., Wang, X.R. (2015). Orthokeratology for Myopia Control: A Meta - analysis. *Optometry and Vision Science: official publication of the American Academy of Optometry*, 92(3), 252-257. DOI: [10.1097/OPX.0000000000000505](https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000000505)
- Sun, Y., Xu, F., Zhang, T., Liu, M., Wang, D., Chen, Y., Liu, Q. (2015). Orthokeratology to Control Myopia Progression: A Meta-Analysis. *PLoS ONE*, 10(4): e0124535. DOI : [10.1371/journal.pone.0124535](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124535)
- Tricard, D., Marillet, S., Ingrand, P., Bullimore, M.A., Bourne, R.R.A., Leveziel, N. (2021). Progression of myopia in children and teenagers: a nationwide longitudinal study. *The British journal of ophthalmology*, 106(8), 1104-1109. DOI: [10.1136/bjophthalmol-2020-318256](https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2020-318256)
- Upadhyay, A., Beuerman, R.W. (2020). Biological Mechanisms of Atropine Control of Myopia. *Eye Contact Lens*, 46(3), 12-135. DOI : [10.1097/ICL.0000000000000677](https://doi.org/10.1097/ICL.0000000000000677)
- Vitale, S., Ellwein, L., Cotch, M.F., Ferris 3rd, F.L., Sperduto, R. (2008). Prevalence of refractive error in the United States, 1999-2004. *Archives of Ophthalmology*, 126(8), 1111-9. DOI : [10.1001/archophth.126.8.1111](https://doi.org/10.1001/archophth.126.8.1111)
- Wakayama, A., Nishina, S., Miki, A., Utsumi, T., Sugawara, J., Hayashi, T., Sato, M., Kimura, A., Fujikado, T. (2018). Incidence of side effects of topical atropine sulfate and cyclopentolate hydrochloride for cycloplegia in Japanese children: a multicenter study. *Japanese Journal of Ophthalmology*, 62(5), 531-536. DOI : [10.1007/s10384-018-0612-7](https://doi.org/10.1007/s10384-018-0612-7)
- Walline, J.J., Walker, M.K., Mutti, D.O., Jones-Jordan, L.A., Sinott, L.T., Gaume Giannoni, A., Bickle, K.M., Schulle, K.L., Nixon, A., Pierce, G.E., Bernsten, D.A., BLINK Study Group (2020). Effect of High Add Power, Medium Add Power, or Single-Vision Contact Lenses on Myopia Progression in Children: The BLINK Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 324(6), 571–580. DOI: [10.1001/jama.2020.10834](https://doi.org/10.1001/jama.2020.10834)
- Williams, K.M., Bertelsen, G., Cumberland, P., Wolfram, C., Verhoeven, V.J.M., Anastasopoulos, E., Buitendijk, G.H.S., Cougnard-Gregoire, A., Creuzot-Garcher, C., Erke, M.G., Hogg, R., Höhn, R., Hysi, P., Khawaja, A.P., Korobelnik, J-F., Ried, J., Vingerling, J.R., Bron, A., Dartigues, J.F., Fletcher, A., Hofman, A., Kuijpers, R.W.A.M., Luben, R.N., Oxele, K., Topouzis, F., Von Hanno, T., Mirashahi, A., Foster, P.J., Van Duijn, C.M., Pfeiffer, N., Delcourt, C., Klaver, C.C.W., Rahi, J., Hammond, C.J., European Eye Epidemiology (E(3)) Consortium (2015). Increasing prevalence of myopia in Europe and the impact of education. *Ophthalmology*, 122(7), 1489-97. DOI: [10.1016/j.ophtha.2015.03.018](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.03.018)
- Wu, P.C., Tsai, C.L., Wu, H.L., Yang, Y.H., Kuo, H.K. (2013). Outdoor activity during class recess reduces myopia onset and progression in school

children. *Ophthalmology*, 120(5), 1080-5. DOI: [10.1016/j.ophtha.2012.11.009](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2012.11.009)

Yam, J.C., Jiang, Y., Tang, S.M., Law, A.K.P., Chan, J.J., Wong, E., Ko, S.T., Young, A.L., Tham, C.C., Chen, L.J., Pang, C.P. (2019). Low-Concentration Atropine for Myopia Progression (LAMP) Study: a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial of 0.05%, 0.025%, and 0.01% atropine eye drops in myopia control. *Ophthalmology*, 126(1), 113-24. DOI : [10.1016/j.ophtha.2018.05.029](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.05.029)

Yang, Z., Lan, W., Ge, J., Liu, W., Chen, X., Chen, L., Yu, M. (2009). The effectiveness of progressive addition lenses on the progression of myopia in Chinese children. *Ophthalmic & physiological optics: the journal of the British College of Ophthalmic Opticians*, 29(1), 41– 48. DOI : [10.1111/j.1475-1313.2008.00608.x](https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2008.00608.x)

Source Internet :

Assemblée Nationale FRANCE (mars 2023). *Proposition de loi, adoptée, par l'Assemblée nationale, relative à la prévention de l'exposition excessive des enfants aux écrans, n° 399*, déposé(e) le mercredi 8 mars 2023 https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/16/dossiers/prevention_exposition_excessive_ecran

Clergeau, G., Péchereau, A., Cordonnier, M., Morvan, M. (2010). *La réfraction de l'enfant*. Cahiers de sensoriomotricité. <http://fnro.net/larefraction/Docs/Refs/Enfant/RefEnft Present/RefEnft Present.html>

Pauné Fabré, J. (2018). *Prévalence des risques pathologiques liés à la myopie COC 2018*. AOF. <https://opto-aof.com/index.php/portail-formation-en-ligne>

World Health Organization (2015, mars 16-18) *The impact of myopia and high myopia*. Report of the Joint World Health Organization–Brien Holden Vision Institute Global Scientific Meeting on Myopia https://myopiainstitute.org/wp-content/uploads/2020/10/Myopia_report_020517.pdf

WSPOS (2023). *Myopia Consensus Statement 2023* <https://www.wspos.org/swdcore/uploads/WSPOS-Myopia-Consensus-Statement-2023-1.pdf>