

Avancées récentes dans les méthodes de diagnostic du syndrome métabolique équin

Hannane HMIMIA¹, Mohamed DILAI², Aboubaker EL HESSNI¹, Abdelhalem MESFIOU¹

(Reçu le 20/08/2025; Accepté le 19/11/2025)

Résumé

Le syndrome métabolique équin (SME) est une affection endocrinienne multifactorielle associée à l'insulino-dysrégulation, à l'adiposité régionale et à un risque accru de fourbure endocrinopathique. Un diagnostic précoce et précis est essentiel pour prévenir les complications graves. Cette revue présente les principales avancées de 2020 à 2025 en matière de tests statiques, dynamiques et de biomarqueurs du SME, les innovations telles que les pellets glycémiques, ainsi que les approches émergentes fondées sur les biomarqueurs protéiques, le métabolome et les signatures génétiques. Un algorithme actualisé de dépistage clinique et biologique est proposé, intégrant ces nouvelles données. Ces avancées ouvrent la voie à une médecine équine de précision, particulièrement pertinente pour les vétérinaires de terrain et les zones à faibles ressources.

Mots clés: Syndrome métabolique équin, diagnostic, insulino-résistance, biomarqueurs, test oral au glucose

Recent advances in diagnostic methods for Equine Metabolic Syndrome

Abstract

Equine Metabolic Syndrome (EMS) is a multifactorial endocrine disorder characterized by insulin dysregulation, regional adiposity, and an increased risk of endocrinopathic laminitis. Early and accurate diagnosis is essential to prevent severe complications. This review presents the main advances from 2020 to 2025 in static and dynamic testing, as well as biomarkers for EMS, including innovations such as glycemic pellets and emerging approaches based on protein biomarkers, the metabolome, and genetic signatures. An updated algorithm for clinical and laboratory screening is proposed, integrating these new data. These developments pave the way for precision equine medicine, particularly relevant for field veterinarians and low-resource settings.

Keywords: Equine metabolic syndrome, diagnosis, insulin resistance, biomarkers, oral glucose test

INTRODUCTION

Le syndrome métabolique équin (SME) est une entité endocrinienne complexe caractérisée par une insulino-dysrégulation (ID), une adiposité régionale marquée, et un risque accru de fourbure endocrinopathique. Sa prévalence croissante constitue un enjeu de santé majeur en médecine équine. Si l'ID est souvent associée à l'obésité, elle peut également survenir chez des chevaux normopondéraux, compliquant ainsi le diagnostic. Depuis 2020, les progrès en biologie équine ont permis de développer des outils diagnostiques plus sensibles, reproductibles et mieux adaptés aux contraintes du terrain (Durham *et al.*, 2019; de Laat *et al.*, 2023).

Le syndrome métabolique équin regroupe ainsi un ensemble de désordres, dont l'insulino-dysrégulation constitue le principal marqueur biologique, qu'elle soit associée ou non à une obésité manifeste

SIGNES CLINIQUES ÉVOCATEURS

Les signes cliniques les plus fréquemment associés au syndrome métabolique équin (SME) incluent une adiposité régionale, en particulier au niveau de la crête nucale, un excès de poids global, ainsi que des épisodes récurrents de fourbure en l'absence de cause mécanique identifiable. Bien que ces manifestations soient évocatrices, elles demeurent insuffisamment spécifiques pour établir un diagnostic définitif. Elles doivent impérativement être corroborées par des analyses biologiques ciblées. Toutefois, la présence d'une adiposité localisée sans obésité généra-

lisée, notamment chez certains poneys et chevaux de type rustique, peut fausser l'évaluation clinique (Durham *et al.*, 2019). Une vigilance accrue est donc nécessaire, même en l'absence d'hyperinsulinémie manifeste.

ÉVALUATION STATIQUE: TESTS À JEUN

Le dosage basal de l'insuline à jeun demeure un outil de première intention dans le dépistage du syndrome métabolique équin (SME). Une concentration plasmatique supérieure à 20–30 µUI/mL est généralement suggestive d'insulino-dysrégulation (ID) (Durham *et al.*, 2019). Toutefois, plusieurs études récentes ont mis en évidence une sensibilité limitée (40–60 %) et une spécificité élevée (>80 %), particulièrement affectées par des facteurs confondants tels que le stress lié à la manipulation, les variations interraciales (poneys vs chevaux de sang) et l'historique alimentaire (McGowan *et al.*, 2023).

L'adjonction du dosage de glucose, des triglycérides et de la leptine peut affiner l'évaluation métabolique. Une leptinémie élevée reflète généralement l'adiposité corporelle et permet de différencier un simple surpoids d'une véritable dérégulation métabolique active. Toutefois, ces marqueurs isolés présentent une valeur diagnostique limitée et doivent être interprétés en association avec des observations cliniques standardisées, telles que le Cresty Neck Score ($\geq 3/5$ indiquant un risque accru d'ID) (Carter *et al.*, 2023). Ces limites plaident pour l'utilisation de tests dynamiques dans les cas douteux.

¹ Laboratoire Biologie et Santé, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kénitra, Maroc

² Département de Médecine, Chirurgie et Reproduction, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc

TESTS DYNAMIQUES: OGT, OST ET CGIT

Les tests dynamiques représentent actuellement la méthode de référence pour confirmer une insulino-dysrégulation lorsque l'évaluation statique est ambiguë.

L'Oral Glucose Test (OGT) et l'Oral Sugar Test (OST) consistent à administrer une charge glycémique orale standardisée, suivie de mesures séquentielles de glucose et d'insuline. Selon Warnken *et al.* (2023), un seuil d'insuline plasmatique $\geq 83 \mu\text{UI/mL}$ à 120 minutes est considéré comme indicatif d'une réponse anormale, avec une sensibilité moyenne de 80–90 % et une spécificité de 70–85 %.

Le Combined Glucose-Insulin Test (CGIT), plus invasif, permet d'évaluer la clairance du glucose et la sensibilité à l'insuline endogène après injection intraveineuse de glucose suivie d'insuline. Il demeure le gold standard en recherche clinique, avec une sensibilité et spécificité $>90\%$, mais son application est limitée par sa complexité technique, son coût élevé et la coopération requise du cheval.

Ces tests dynamiques, bien que plus fiables, nécessitent une standardisation stricte (dose exacte, timing des prélèvements, type d'aliment ou de sirop) et l'assistance d'un vétérinaire expérimenté. En pratique courante, l'OST est privilégié, notamment avec l'utilisation récente de pellets glycémiques qui améliorent la reproductibilité et l'acceptabilité du test en conditions de terrain.

Le tableau 1 résume les principales méthodes de diagnostic du SME, en précisant leurs principes, avantages, limites et pertinence en pratique clinique.

INNOVATION: PELLETS GLYCÉMIQUES

Une avancée notable dans le diagnostic dynamique du SME réside dans le développement de pellets glycémiques palatables. Ces formulations solides, enrichies en glucides, permettent une administration orale standardisée lors des tests OST, remplaçant avantageusement le sirop de maïs, souvent mal accepté par les chevaux.

Les études récentes ont montré que ces pellets induisent une réponse insulinaire comparable à celle du sirop, avec un seuil de positivité défini à $83 \mu\text{UI/mL}$ à 120 minutes après ingestion (Warnken *et al.*, 2023). En plus d'améliorer la palatabilité, ils favorisent une meilleure reproductibilité des résultats, réduisent le risque d'administration incomplète et facilitent la mise en œuvre du test en conditions de terrain.

L'introduction de cette forme galénique représente une évolution pratique significative, en particulier pour les vétérinaires exerçant en milieu rural ou disposant de ressources limitées.

BIOMARQUEURS ÉMERGENTS: PROTÉOMIQUE ET MÉTABOLOMIQUE

Les approches omiques (protéomique, métabolomique) permettent d'identifier des signatures moléculaires spécifiques associées au SME, ouvrant la voie à un diagnostic plus précoce. Des études récentes (Espinosa-López *et al.*, 2025) ont mis en évidence des protéines plasmatiques impliquées dans l'inflammation, le métabolisme énergétique et le stress oxydatif, altérées chez les chevaux atteints d'Insulino-résistance.

De même, l'analyse du métabolome sérique et fécal a révélé des profils distinctifs, notamment des métabolites dérivés du microbiote intestinal (Al-Ansari *et al.*, 2025), suggérant un rôle central de l'axe intestin-métabolisme dans la physiopathologie du SME.

Cependant, ces biomarqueurs restent au stade exploratoire. Leur utilisation clinique est freinée par l'absence de seuils validés, une forte variabilité inter-laboratoire, un coût élevé et une accessibilité limitée en pratique vétérinaire courante.

La recherche future doit viser la standardisation des méthodes analytiques et la validation multicentrique avant leur intégration dans les protocoles diagnostiques de routine.

Par ailleurs, une étude récente conduite par Hmimia *et al.* (2025) a montré que la transplantation de microbiote fécal (TMF), bien que relevant de la thérapeutique, permettait une amélioration significative de l'insulinémie, et les taux de TNF- α (cytokine inflammatoire) et d'IL-6 (interleukine impliquée dans la réponse immunitaire) chez des chevaux Barbe et Arabe-Barbe atteints de SME. Bien que la transplantation fécale soit principalement une approche thérapeutique, les changements mesurés en post-intervention (insulinémie, cytokines) peuvent également servir d'indicateurs indirects de l'état métabolique, suggérant ainsi une utilité potentielle dans l'évaluation du diagnostic évolutif du SME.

Ces résultats, obtenus sans recours au séquençage du microbiote, suggèrent l'intérêt de cette approche dans le suivi indirect de l'état métabolique en milieu à ressources limitées.

Tableau 1: Résumé comparatif des méthodes diagnostiques du syndrome métabolique équin: principes, avantages et contraintes d'application en contexte vétérinaire

Test	Principe	Avantages	Limites
Insuline à jeun	Dosage basal d'insuline	Simple, accessible	Sensibilité modérée, variations inter-individuelles
OST	Charge orale de sucre	Plus sensible, standardisé avec pellets	Durée, nécessité d'encadrement vétérinaire
CGIT	Injection IV glucose + insuline	Évaluation précise de la sensibilité	Technique plus invasive, coûteuse
Biomarqueurs omiques	Protéomique, métabolomique	Potentiel de diagnostic précoce	Coût élevé, absence de seuils validés

COMPOSANTE GÉNÉTIQUE ET PRÉDICTION DU RISQUE

L'émergence de l'approche génomique dans l'étude du syndrome métabolique équin (SME) a permis d'identifier plusieurs régions chromosomiques associées à une susceptibilité accrue à l'insulino-dysrégulation. Une étude de métabogénomique a notamment mis en évidence quatre loci candidats chez les poneys et chevaux arabes, impliquant des gènes liés à la régulation de l'insuline, du métabolisme lipidique et de la réponse inflammatoire (Patterson Rosa *et al.*, 2020).

Ces résultats indiquent une prédisposition génétique possible au SME, ce qui pourrait expliquer certaines différences observées entre individus ou races. Elles ouvrent la voie à la mise au point d'outils de dépistage génétique permettant une stratification précoce du risque.

Toutefois, l'utilisation clinique de ces données reste prématurée. Les résultats actuels proviennent d'échantillons limités, et leur extrapolation à l'ensemble des races équines nécessite des validations croisées, en particulier l'influence des facteurs environnementaux et épigénétiques, encore mal caractérisés, doivent être intégrés à toute stratégie de prédiction génétique.

Au Maroc, les races locales telles que le Barbe et l'Arabe-Barbe mériteraient une attention particulière dans les études futures afin d'évaluer leur éventuelle prédisposition génétique au SME, compte tenu de leurs caractéristiques métaboliques spécifiques. Les chevaux Barbe et Arabe-Barbe, largement répandus au Maroc pour leurs qualités de résistance et de rusticité, présentent des particularités métaboliques qui justifient leur inclusion dans les futures études génétiques du SME. Cela permettrait de mieux adapter les outils de dépistage aux réalités locales.

PROPOSITION D'ALGORITHME DIAGNOSTIQUE ACTUALISÉ

En s'appuyant sur les données les plus récentes, un algorithme clinique simplifié est proposé, visant à optimiser la détection du SME, en particulier dans les environnements vétérinaires à ressources limitées (Figure 1).

Étape 1 – Dépistage clinique: observation d'adiposité régionale (Cresty Neck Score ≥ 3), antécédents de fourbure endocrinopathique, ou surpoids global.

Étape 2 – Tests basaux: insuliniémie à jeun $>20\text{--}30\text{ }\mu\text{UI/mL}$ ou glucose $>5,6\text{ mmol/L}$. Un résultat positif à ce stade renforce la suspicion mais nécessite confirmation dynamique.

Étape 3 – OST standardisé: utilisation de pellets glycémiques, dosage de l'insuline à 60 et 120 min; un seuil $\geq 83\text{ }\mu\text{UI/mL}$ à 120 min est considéré comme positif (Warnken *et al.*, 2023).

Étape 4 – CGIT ou tests avancés: réservé aux cas discordants ou complexes, en contexte clinique spécialisé.

Étape 5 – Biomarqueurs et génétique (optionnel): usage limité à la recherche ou aux profils atypiques, en attente de validation clinique.

Cet algorithme, adaptable aux zones à faibles ressources, privilégie l'OST comme méthode de confirmation, tout en soulignant l'importance d'une approche clinique rigoureuse lorsque les moyens biologiques sont indisponibles.

DISCUSSION

Les avancées réalisées entre 2020 et 2025 ont significativement affiné le diagnostic du syndrome métabolique équin (SME), en particulier par le biais des tests dynamiques, des formulations glycémiques innovantes, et des approches omiques et génétiques.

Performances comparées des tests diagnostiques

Les tests statiques, tels que le dosage basal de l'insuline à jeun, conservent une utilité initiale, mais leur sensibilité reste limitée (40–60 %), notamment chez les chevaux normopondéraux ou présentant une adiposité régionale isolée (Durham *et al.*, 2019; McGowan *et al.*, 2023). Ces tests sont fortement influencés par des facteurs confondants comme le stress, la race ou le régime alimentaire.

Les tests dynamiques, en particulier l'OST (Oral Sugar Test) et l'OGT (Oral Glucose Test), offrent une meilleure sensibilité (jusqu'à 90 %) et spécificité (70–85 %) pour détecter une insulino-dysrégulation modérée ou intermittente (Warnken *et al.*, 2023). Le seuil d'insuline $\geq 83\text{ }\mu\text{UI/mL}$ à 120 minutes post-charge est couramment utilisé pour interpréter l'OST.

Innovation des pellets glycémiques

L'introduction de pellets glycémiques palatables représente une avancée notable pour la standardisation et l'acceptabilité du test OST. Warnken *et al.* (2023) ont démontré que ces formulations solides, comparables aux sirops classiques en termes de réponse insulinaire, améliorent la compliance et la reproductibilité du test sur le terrain, ce qui les rend particulièrement utiles en zones à ressources limitées.

Apports des approches omiques

Les outils omiques, en particulier la protéomique quantitative, ont permis d'identifier plusieurs biomarqueurs potentiels du SME. Espinosa-López *et al.* (2025) ont ainsi mis en évidence des protéines plasmatiques telles que lumican, fibulin1, alpha2macroglobuline et fetuin-A/B, associées à des processus inflammatoires et métaboliques altérés. Toutefois, leur application clinique reste limitée par l'absence de seuils validés, les coûts élevés et la variabilité inter-laboratoire.



Figure 1: Algorithme actualisé de diagnostic du syndrome métabolique équin

Composante génétique et races spécifiques

Les études génétiques récentes confirment une composante polygénique du SME. Patterson Rosa *et al.* (2020) ont identifié quatre régions chromosomiques associées à des traits métaboliques liés à l'insuline, au métabolisme lipidique et à la réponse inflammatoire chez les poneys et chevaux arabes. De telles découvertes pourraient déboucher sur des outils de stratification du risque, encore au stade exploratoire.

Au Maroc, les chevaux Barbe et Arabe-Barbe, peu étudiés jusqu'à présent, présentent des caractéristiques métaboliques distinctes. Hmimia *et al.* (2025) ont mis en évidence une amélioration de l'état métabolique (insulinémie, TNF- α , IL-6) après transplantation fécale chez ces races, suggérant une sensibilité particulière à la modulation du microbiote et soulignant la nécessité de les inclure dans les études génétiques et métaboliques futures.

Synthèse et perspectives

Les résultats des cinq dernières années montrent qu'un diagnostic efficace du SME repose sur une approche intégrée:

- Dépistage clinique rigoureux (adiposité régionale, fourbure récurrente),
- Tests dynamiques standardisés (OST avec pellets glycémiques),
- Utilisation sélective des biomarqueurs omiques et données génétiques dans les cas complexes ou atypiques.

Cette approche est particulièrement adaptée aux environnements à ressources limitées, comme les zones rurales du Maroc. À moyen terme, la normalisation des tests omiques et l'intégration de l'intelligence artificielle pour l'analyse prédictive pourraient améliorer la précision diagnostique, tout en rendant ces outils accessibles sur le terrain.

CONCLUSION

Entre 2020 et 2025, les avancées dans le diagnostic du syndrome métabolique équin (SME) ont considérablement enrichi l'arsenal à disposition des cliniciens. Les tests dynamiques, désormais mieux standardisés grâce à l'introduction des pellets glycémiques, permettent une évaluation plus fiable de l'insulino-dysrégulation. Parallèlement, l'émergence de biomarqueurs omiques et la caractérisation de profils génétiques associés au SME ouvrent de nouvelles perspectives vers une médecine équine personnalisée.

Cependant, la transposition clinique de certaines innovations reste conditionnée par leur accessibilité, leur reproductibilité interlaboratoire et la validation de seuils interprétatifs robustes. Une évaluation critique continue est donc nécessaire pour intégrer ces outils dans les protocoles de dépistage courants, en particulier dans les contextes vétérinaires à ressources limitées comme au Maroc.

À moyen terme, une stratégie intégrée fondée sur l'observation clinique, les tests dynamiques et les données moléculaires pourrait améliorer la détection précoce du SME et guider une prévention personnalisée, même dans les environnements contraints. L'intégration future de l'intelligence artificielle pour interpréter les données omiques ou cliniques pourrait également renforcer la médecine équine de précision, même en milieu rural.

Malgré les progrès récents, plusieurs limites persistent dans l'application clinique des méthodes diagnostiques du SME. La variabilité inter-raciale et inter-individuelle des réponses métaboliques complique l'établissement de seuils universels pour l'insulino-dysrégulation. De plus, les biomarqueurs issus de la protomique et du métabolome restent cantonnés à la recherche expérimentale, en raison du coût élevé des analyses, de l'absence de standardisation interlaboratoire et du manque de valeurs de référence validées. Enfin, l'intégration des données génétiques, bien que prometteuse, nécessite des études multicentriques à large échelle pour confirmer leur pertinence clinique.

Tableau 2: Comparatif des méthodes de diagnostic du syndrome métabolique équin: avantages, limites, contexte d'application et références scientifiques

Méthode diagnostique	Avantages	Limites	Contexte d'utilisation	Références
Insulinémie à jeun	Simple, peu coûteux, disponible en première intention	Faible sensibilité (40–60 %), influencée par stress, alimentation et race	Dépistage initial, mais doit être confirmé	Durham <i>et al.</i> , 2019; McGowan <i>et al.</i> , 2023
OST / OGT (sirop ou pellets)	Haute sensibilité (80–90 %), reproductibilité accrue avec pellets	Nécessite respect strict du protocole, prélèvements séquentiels	Test de confirmation en terrain	Warnken <i>et al.</i> , 2023
Pellets glycémiques (DysChEq™ ou équivalents)	Palatabilité améliorée, standardisation, reproductibilité	Non disponible partout, nécessite formulation validée	Pratique vétérinaire sur le terrain, zones à ressources limitées	Warnken <i>et al.</i> , 2023
CGIT (test combiné glucose–insuline)	Très haute précision (>90 %), évalue la clairance du glucose	Invasif, coûteux, exigeant techniquement	Recherche clinique ou cas complexes	De Laat et Fitzgerald, 2023
Biomarqueurs protéomiques	Détection précoce, insight physiopathologique (inflammation, métabolisme)	Absence de seuils validés, coût élevé, manque de standardisation	Recherche, profils atypiques	Espinosa-López <i>et al.</i> , 2025
Métabolomique	Profil métaboliques intestinaux et systémiques spécifiques	Exploratoire, analyses complexes, faible accessibilité terrain	Études exploratoires ou expérimentales	Al-Ansari <i>et al.</i> , 2025
Génétique (GWAS, loci candidats)	Identification de prédispositions raciales, stratification du risque	Données encore limitées, absence de validation populationnelle large	Recherche, potentiellement utilisable à l'avenir	Patterson Rosa <i>et al.</i> , 2020

RÉFÉRENCES

- AlAnsari S., O'Neill J. *et al.* (2025). Faecal microbiota and serum metabolome association with equine metabolic syndrome in Connemara ponies. *BMC Veterinary Research*, 21: 411.
- De Laat M.A., Fitzgerald D.M. (2023). Equine metabolic syndrome: Role of the enteroinsular axis in the insulin response to oral carbohydrate. *The Veterinary Journal*, 294:105967.
- Durham A.E., Frank N., McGowan C.M., Menzies-Gow N.J., Roelfsema E., Vervuert I. (2019). ECEIM consensus statement on equine metabolic syndrome. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 34: 761–776.
- EspinosaLópez E.M., OrtizGuisado B., GómezBaena G., Díez de Castro E., AguileraTejero E. (2025). Quantitative proteomics unveils potential plasma biomarkers and provides insights into the pathophysiological mechanisms underlying equine metabolic syndrome. *BMC Veterinary Research*, 21: Article 4879.
- Hmimia H., Lamtai M., El Hessni A., Mesfioui A. (2025). Effect of fecal microbiota transplantation on insulinemia, inflammation and metabolic markers in horses with equine metabolic syndrome. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 13: 1741–1745.
- Patterson Rosa L.R., Mallicote M.F., Long M.T., Brooks S.A. (2020). Metabogenomics reveals four candidate regions involved in the pathophysiology of equine metabolic syndrome. *Molecular and Cellular Probes*, 53: 101620.
- Warnken T., de Laat M.A., Stewart A.J., Sillence M.N. (2023). Palatability, glycemic, and insulinemic responses to various carbohydrate formulations: Alternatives for the diagnosis of insulin dysregulation in horses? *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 37: 1425–1435.