



L'intelligence artificielle au secours du biologiste

J Watine

(Reçue le 29 juin 1999)

Introduction

L'intelligence artificielle est capable, en utilisant des règles d'expertise issues des connaissances biomédicales d'une équipe de biologistes, d'effectuer une partie significative de leur travail de validation biologique des dossiers médicaux [1, 2]. Les trois avantages généralement cités par les biologistes qui se font assister dans ces conditions par l'intelligence artificielle sont les suivants : (1) ils peuvent consacrer plus de temps à des tâches pour lesquelles l'intelligence humaine reste indispensable, notamment à la validation des dossiers sortant du champ de compétence du système expert ; (2) les critères de validation ou de non validation des dossiers par le système expert sont consensuels et sont stables dans le temps (même si des mises à jour sont régulièrement faites dans la base de connaissance du système expert) et sont ainsi plus performants que les critères (personnels, humains...) de chacun des membres de l'équipe pris individuellement ; (3) le délai de rendu des résultats validés biologiquement est réduit [2].

C'est pourquoi le concept d'intelligence artificielle est mis à profit dans un nombre croissant de laboratoires de biologie médicale, tout en gardant à l'esprit que l'utilisation d'un système expert (d'aide à la validation) est reconnue dans le guide de bonne exécution des analyses de biologie médicale (GBEA) [1], mais ne décharge pas le biologiste de sa responsabilité. Cette reconnaissance sera probablement confirmée dans la publication, prévue en 1999, du « nouveau » GBEA. C'est ainsi que dans notre laboratoire hospitalier de biologie polyvalente (biochimie, toxicologie, hématologie, sérologie, microbiologie), depuis maintenant presque trois ans, un peu plus de 50 % de nos dossiers d'hématologie et de biochimie sont validés par un système expert (Valab, Erems) dont les règles d'expertise ont été validées par une équipe de biochimistes et d'hématologistes hospitalo-universitaires [2] et dont le paramétrage a été adapté à notre situation locale par un biologiste de notre laboratoire, désigné administrateur du système Valab (l'auteur de cette observation). Précisons que le système Valab est un logiciel commercial actuellement utilisé dans plus de 100 laboratoires européens (essentiellement en France, Hollande, Belgique, Luxembourg, Suisse, Espagne, Italie).

Le but de l'observation vécue que nous rapportons ici est de suggérer que l'intérêt pour un laboratoire de disposer d'un système expert peut également s'étendre à l'amélioration de

son organisation interne et plus généralement à une meilleure gestion de sa qualité (d'autant que cette observation n'est pas la seule de ce type qui a été vécue par notre laboratoire). Ceci mérite d'être souligné dans le contexte actuel d'accréditation des hôpitaux et des laboratoires [3].

Observation

La formule de Friedewald permet le calcul du cholestérol des LDL (LDLc) à partir du cholestérol total (CT), du cholestérol des HDL (HDLc) et des triglycérides (TG). Cette formule s'écrit $LDLc = CT - HDLc - TG / 5$, où tous les constituants sont exprimés en $g L^{-1}$. Pour une raison qui nous échappe, le logiciel commercial de gestion de notre laboratoire, que nous utilisons depuis le début de l'année 1996 (LMX, Bayer), a interprété cette formule ainsi : $LDLc = CT - HDLc / 5 - TG / 5$. Pour être correctement comprise de LMX, cette formule doit être écrite dans LMX comme suit : $LDLc = CT - HDLc - (TG / 5)$. Dans l'ignorance de cette anomalie du système LMX, pendant plus de deux ans (du début 1996 à avril 1998), tous les résultats de LDLc (selon Friedewald) rendus par notre laboratoire aux prescripteurs (et aux patients pour les « consultants externes ») étaient donc faux. Plusieurs exemples chiffrés sont indiqués dans le *tableau 1* : on peut y voir qu'avec la formule incorrecte, les biologistes et/ou les cliniciens ont pu conclure (à tort) à des hyper-LDLémies (la valeur de référence haute étant de $1,6 g L^{-1}$ pour le LDLc dans notre laboratoire).

Il semble que certains de nos médecins correspondants avaient remarqué cette anomalie du système LMX, mais

Tableau 1. Comparaison des résultats obtenus selon la formule de Friedewald incorrectement puis correctement paramétrée (en $g L^{-1}$).

	cas n°1	cas n°2	cas n°3	cas n°4	cas n°5
CT ($g L^{-1}$)	2,44	1,94	2,85	2,71	2,42
HDLc ($g L^{-1}$)	0,53	0,26	0,75	0,81	0,29
TG ($g L^{-1}$)	1,93	1,23	2,98	1,58	2,87
LDLc (formule incorrecte)	1,95	1,64	2,10	2,23	1,79
LDLc (formule correcte)	1,52	1,43	1,50	1,58	1,56

CT = cholestérol total, TG = triglycérides, HDLc = cholestérol des HDL, LDLc = cholestérol des LDL.



aucun d'entre eux (plus d'une centaine pour l'hôpital ; au moins autant pour les médecins de l'extérieur) n'avait jugé utile de nous en informer. En revanche, cette anomalie n'avait été remarquée par aucun des trois biologistes du laboratoire (dont l'auteur de cette observation). Précisons à ce propos que l'organisation de notre laboratoire pourrait être résumée comme suit : (1) le laboratoire n'est pas subdivisé en unités fonctionnelles ; (2) le biologiste responsable du laboratoire est également « administrateur LMX » ; (3) l'assurance qualité du laboratoire est placée sous l'autorité conjointe du biologiste responsable (« approbateur GBEA ») et du cadre médico-technique (« gestionnaire GBEA ») ; (4) tous les résultats (sauf ceux de microbiologie) sont « libérés » dès leur obtention par les techniciens du laboratoire, de façon à permettre aux services de l'hôpital de les obtenir sur leurs imprimantes et/ou leurs écrans avant validation par un biologiste ou par Valab ; (5) en accord avec les recommandations du GBEA [1], tous les résultats sont systématiquement signés par un ou plusieurs des trois biologistes du laboratoire, après avoir été validés, soit par Valab, soit par un ou plusieurs biologistes (aux écrans des ordinateurs du laboratoire), selon un système de « roulement » calqué sur leurs tableaux mensuels de gardes et de congés (tableaux mensuels élaborés selon le « système hiérarchique ») [4].

Rôle de l'intelligence artificielle (Valab) dans la résolution du « problème »

Deux motifs principaux peuvent être à l'origine d'un refus de validation d'une analyse par le système Valab : le défaut de « corrélation » (entre cette analyse et une ou plusieurs autres analyses ; entre cette analyse et la situation clinique ou thérapeutique du patient) ; le défaut d'antécédent (ou « antécédents » dans lesquels sont pris en compte les résultats biologiques antérieurs et la situation clinique ou thérapeutique antérieure ou actuelle du patient). Ces motifs se basent sur les règles d'expertise intégrées dans le logiciel commercial et dont le principe général est brièvement explicité en introduction [pour plus de détails, lire : 2]. Une « pondération » de ces règles d'expertise peut être apportée localement par les utilisateurs biologistes.

La mise en place du système expert Valab (plus de 6 mois après le système LMX) a été suivie de l'examen quotidien, puis hebdomadaire, puis mensuel, de son tableau de bord, par l'administrateur du système. Dès ses premières semaines de fonctionnement, le système Valab nous alertait (par le canal de sa fonction « activité du système ») en refusant de valider pour défaut de « corrélation » un nombre trop élevé de dossiers comportant l'analyse LDLc. Cette alerte était confirmée dans les mois suivants : les pourcentages et les motifs des refus de validation par Valab des analyses CT, TG, HDLc et LDLc sont détaillés dans le *tableau II* où l'on note en effet, pour la 1^{re} période, dans la colonne « corrélation » : 16,36 % pour LDLc *versus* 4,35 % pour CT, 5,27 % pour TG et 5,35 % pour HDLc, les trois comparaisons (16,36 *vs* 4,35 ; 16,36 *vs*

5,27 et 16,36 *vs* 5,35) étant manifestement significatives compte tenu des effectifs en présence (*tableau II*).

En dépit du fait que Valab nous a clairement alerté dès ses premiers mois de fonctionnement, plus d'un année a été nécessaire (*tableau II* ; 1^{re} période) à l'administrateur Valab pour identifier l'anomalie de programmation dans le système LMX (correction effectuée ensuite par l'administrateur LMX, conformément à l'organigramme du laboratoire) [4]. Soulignons qu'une information systématique des quelques milliers de destinataires des résultats erronés de LDLc (patients dans le cas de « consultants externes » et prescripteurs dans tous les cas) n'a apparemment pas été effectuée [4]. De même, bien qu'il soit généralement admis que la programmation d'une formule de calcul dans un logiciel doit être suivie d'une vérification que le résultat obtenu est bien celui qui est attendu [1], cela n'avait pas été fait, ni par l'administrateur LMX (qui avait programmé la formule incorrecte), ni par l'administrateur Valab (qui avait donné l'alerte), ni par le troisième biologiste qui a participé, pendant plus de deux ans au total, au même titre que les biologistes administrateurs LMX ou Valab, à la validation et/ou à la signature de ces milliers de LDLc cholestérol erronés [4].

Dans les mois qui ont suivi la correction de l'anomalie dans LMX, le système Valab a refusé de valider un nombre significativement trop élevé de dossiers comportant l'analyse LDLc, mais cette fois pour « antécédents » (*tableau II*, 2^e période). Une légère modification de notre recrutement pendant cette période estivale (touristes...) pourrait également expliquer une

Tableau II. Pourcentages de refus de validation par l'intelligence artificielle VALAB des analyses CT, TG, HDLc et LDLc pendant trois différentes périodes de temps.

périodes (nombre de dossiers expertisés)	pourcentages de refus de validation (motifs des refus)	
	(corrélation)	(antécédents)
CT P ₁ (13080) P ₂ (2960) P ₃ (6742)	4,35	2,75
	3,78	3,38
	4,00	2,74
TG P ₁ (13240) P ₂ (3003) P ₃ (6815)	5,27	5,67
	4,20	5,59
	3,79	6,21
HDLc P ₁ (3755) P ₂ (823) P ₃ (1954)	5,35	3,62
	4,37	4,50
	5,07	3,74
LDLc P ₁ (3754) P ₂ (823) P ₃ (1953)	16,36	2,34
	4,62	5,83
	5,84	3,07

CT, TG, HDLc, LDLc = voir Tableau 1 ; P₁ = 1^{re} période (5/8/96-19/4/98) ; P₂ = 2^e période (20/4/98-31/8/98) ; P₃ = 3^e période (1/9/98-26/6/99).



partie de ces refus de validation (2^e période). Plus d'un an après la correction de l'anomalie dans le système LMX, tout semble rentré dans l'ordre : les pourcentages de refus de validation du LDLc sont dans des « fourchettes » considérées comme « normales » par les créateurs de notre « intelligence artificielle » [2] (*tableau II*, 3^e période).

Conclusion

Il nous semble donc que l'intelligence artificielle, outre les qualités brièvement mentionnées dans notre introduction [2], possède au moins deux autres qualités, qui, dans le contexte actuel d'accréditation des hôpitaux et des laboratoires [1, 3], peuvent être résumées comme suit :

1^o) à terme, la capacité de l'intelligence artificielle à mettre en lumière les défauts éventuels d'organisation d'un laboratoire, ne peut qu'améliorer le fonctionnement de ce laboratoire [4] ;

2^o) en permettant d'éviter que cette anomalie perdure, l'intelligence artificielle a probablement évité aux cliniciens un certain nombre de décisions thérapeutiques (et/ou diététiques et/ou d'hygiène de vie) inadaptées, aux possibles effets délétères pour les patients.

Remerciements

À Monsieur le Docteur Éric Rogari (Erems, Toulouse) pour ses aimables et pertinents conseils.

Références

- GBEA (guide de bonne exécution des analyses de biologie médicale). Arrêté du 2 novembre 1994. Journal Officiel de la République française.
- Valdigué M, Rogari F, Corberand JX, Boneu B. The performance of the knowledge-based system VALAB revisited: an evaluation after five years. *Eur J Clin Chem Clin Biochem* 1996 ; 34 : 371-76
- Anaes. Direction de l'accréditation. Manuel d'accréditation. Version expérimentale. Juillet 1998
- Schlaifer D, Rixe O. Lost potential in France? *Science* 1998 ; 279 : 1431-2