

# LES BIOTIC EN ILE-DE-FRANCE

*TIC dans l'aide au diagnostic*



# Sommaire

---

Contexte et historique de l'étude	p. 4
Introduction	p. 8
<b>TIC dans l'aide au diagnostic</b>	<b>p. 11</b>
Contexte et définition	p. 12
<b>1. Systèmes d'information d'aide à la décision</b>	<b>p. 17</b>
✓ Fonctions clés et champ de l'étude	p. 18
✓ Description générale des systèmes d'aide	p. 19
✓ Marché des systèmes d'aide à la décision	p. 20
✓ Signes cliniques	p. 21
• Technologies utilisées	p. 22
• Exemples de systèmes experts	p. 23
• Les utilisateurs et la demande	p. 25
• Synthèses	p. 27
✓ Médecine personnalisée	p. 28
• Enjeux et état d'avancement	p. 29
• Stades de développements actuels	p. 31
• Logiciels de comparaison de profil	p. 32

# Sommaire

---

- Typologie des acteurs et localisation p. 33
- Typologie des utilisateurs en Ile-de-France p. 34
- Exemples de développements avancés p. 35
- Réglementation p. 38
- Besoins p. 39
- Positionnement en Ile-de-France p. 42
- Synthèse p. 43

## **2. Télémedecine** **p. 44**

- ✓ Définition et marché p. 45
- ✓ Panorama de la télémedecine en France p. 47
- ✓ Avancement technologique en télémedecine p. 50
- ✓ Financements disponibles pour la télémedecine p. 51
- ✓ Maturité du marché de la télémedecine en France p. 52
- ✓ Les offre et les besoins p. 53
- ✓ Les utilisateurs des outils de télémedecine p. 55
- ✓ Exemples de réseaux en Ile-de-France p. 56
- ✓ Synthèse p. 58

# Contexte



Objectif : structurer, promouvoir et dynamiser les filières optique, électronique et ingénierie logicielle en Ile-de-France.



Objectif : animer un pôle en génomique, post-génomique et sciences connexes, favorisant l'essor des biotechnologies.



## Applications des BioTIC

- Traitement et stockage de l'image
- Les TIC dans l'aide au diagnostic
- Modélisation et simulation numérique appliquées aux sciences du vivant



- Principaux offreurs de technologies en Ile-de-France et nouvelles tendances
- Besoins des donneurs d'ordre afin d'identifier les besoins d'innovation



Société de conseil et d'aide à la décision spécialisée dans les sciences de la vie à l'interface entre science et busines.

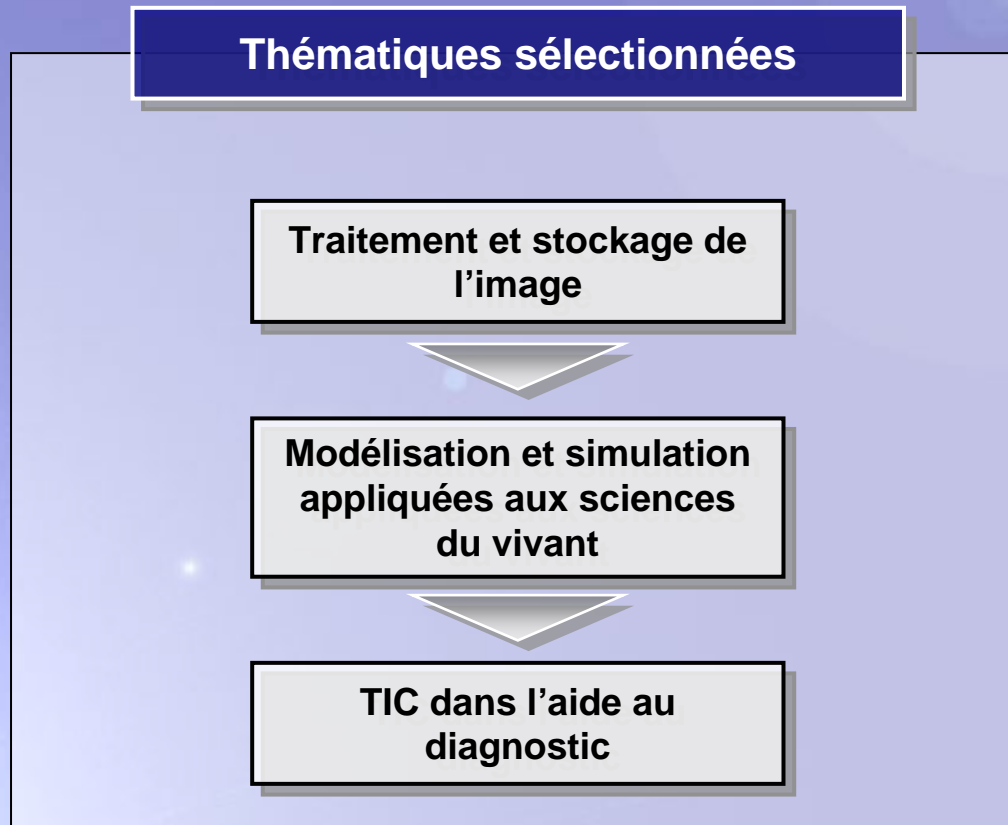
# Historique de l'étude

- **Opticsvalley** et Genopole® mènent depuis 2003, dans le cadre des missions qui leurs sont confiées par le Conseil général de l'Essonne, une action en **Biophotonique** visant à identifier les avancées technologiques en cours, les applications attendues dans les sciences de la vie, les acteurs académiques et industriels français et plus précisément franciliens, ainsi que des projets de transferts technologiques actifs dans les laboratoires.
- Cette action a été appuyée en 2004 par une forte volonté des acteurs du réseau de poursuivre le travail d'analyse entrepris, notamment en donnant la priorité à des thèmes très porteurs comme l'**imagerie *in vitro*** et l'***in vivo*** et le **photodiagnostic**.
- L'intérêt manifesté dès 2004 pour l'amélioration du traitement, du stockage et du transfert des images et la conclusion de la troisième édition du colloque Paris-Biophotonique en 2005, ont mis en évidence l'intérêt de la communauté pour une poursuite de l'action **Biophotonique** sur le croisement entre les sciences du vivant et les TIC.

Un recensement des TIC appliquées aux sciences du vivant a été mené depuis 2005. Une vingtaine d'applications innovantes ont été présélectionnées, dont six apparaissent les plus pertinentes à traiter.

- En 2006, **Opticsvalley** étend son métier d'animateur de Réseau au domaine de l'électronique et de l'ingénierie logicielle. Pour que le soutien au développement économique des acteurs de ces trois filières en Ile-de-France soit efficace. **Opticsvalley** souhaite être en mesure de délivrer les informations pertinentes sur les besoins technologiques, donc sur les opportunités de développement économique.
- En 2006, dans la continuité de ses activités dans le domaine des sciences du vivant, **Opticsvalley** mène une action sur les « Applications des BioTIC », qui se conclura cette année par une manifestation lors du carrefour **EuroBio 2006** (Carrefour européen des biotechnologies) qui se tiendra le 25 octobre 2006 au Palais des Congrès à Paris. Afin de structurer son étude, **Opticsvalley** a créé un *Comité de Pilotage* restreint, regroupant le CEA, Centrale Santé, l'IGR&D, l'INRIA, Genopole® et Thales IS.

- Traitement et stockage de l'image, Modélisation et simulation du vivant et TIC dans l'aide au diagnostic sont les trois thématiques sélectionnées avec le *Comité de Pilotage* pour l'action « Applications des BioTIC » 2006

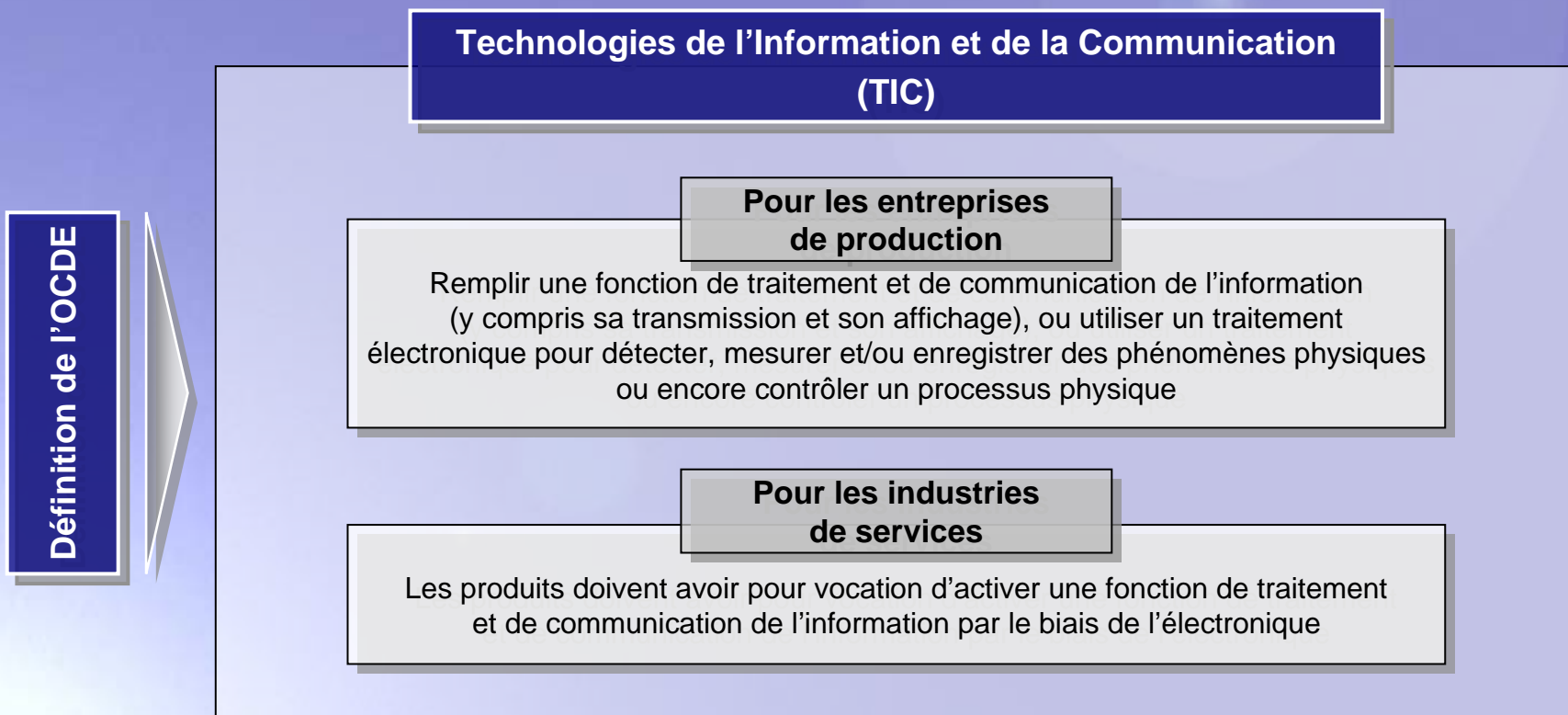


→ Opticsvalley, Genopole® et ALCIMED souhaitent remercier le **Comité de Pilotage** pour l'aide et le suivi de cette étude

Contact	Organisme
Pierre Chagvardieff	CEA
Fatima Chakrani	Genopole®
Yves Champey	Genopole G1J
Gérard Dine	Centrale Santé
Claude Dubois	IGR&D
Chiraz Frydman	<b>Opticsvalley</b>
Nicolas Godard	Genopole®
Corinne Jacquemin	Thales IS
François Képès	Epigénomique / Genopole®
Sébastien Magnaval	<b>Opticsvalley</b>
David Monteau	INRIA

# Définition des TIC

→ L'OCDE définit les TIC en fonction des contextes d'application : entreprises de production et industries de services



# Définition du périmètre

→ Le périmètre de l'offre étudiée dans cette étude comprend le logiciel et le service avec une expertise à haute valeur ajoutée

Offre

Publique / Académique

Privée

Logiciel

Développements suffisamment matures pour proposer un logiciel « commercialisable »

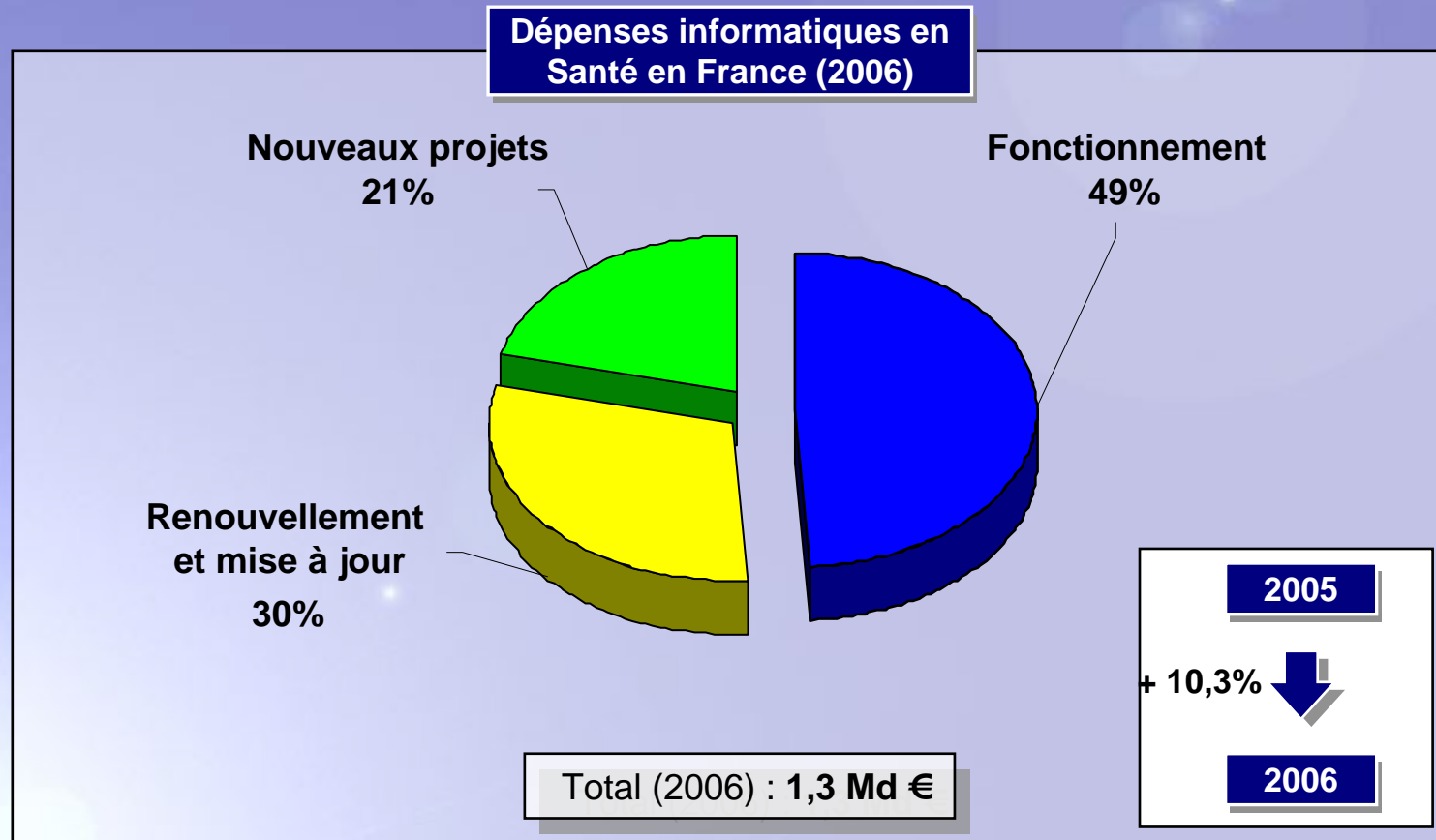
Logiciel commercial ou actions de développement technologique ou commercial en cours dans le domaine

Service

Activité ou possibilités de prestation de service grâce à une expertise forte dans le domaine

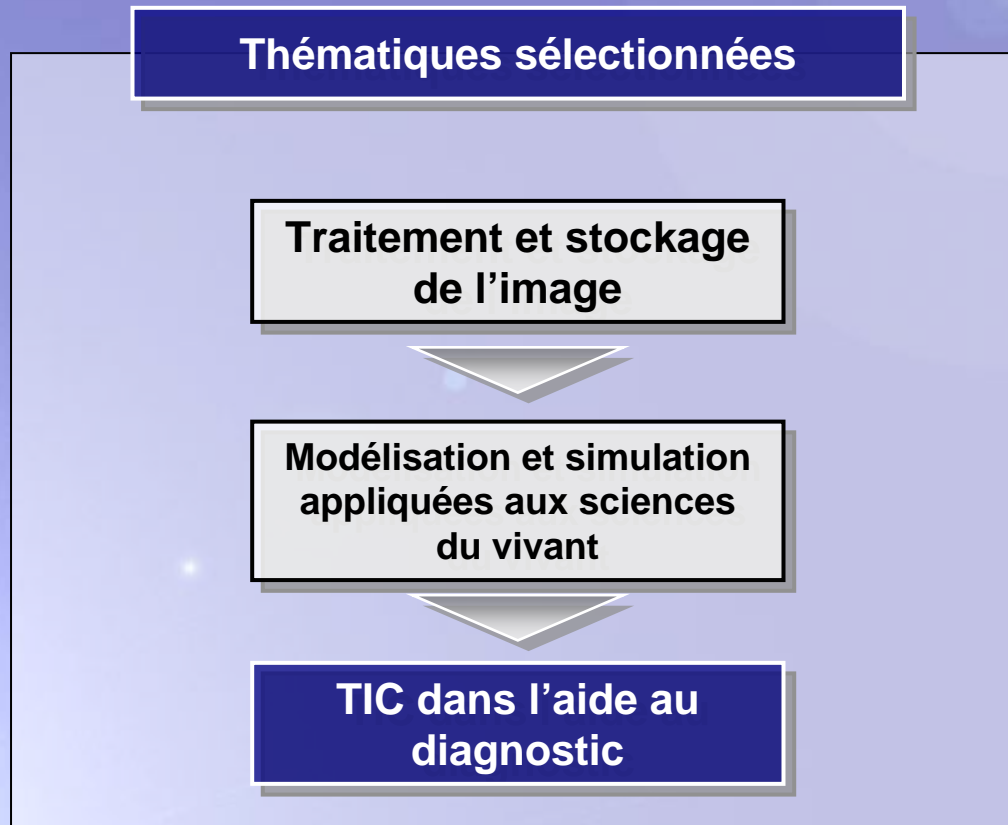
Prestation de service avec une proposition à forte valeur ajoutée et une forte expertise dans le domaine

- Les dépenses informatiques en santé en France doivent augmenter pour atteindre un total de 1,3 Md € en 2006, dont plus de 20% pour la mise en oeuvre de nouveaux projets



Source : Les Echos (13/06/2006), IDC

Note : Ces chiffres incluent les dépenses attendues en 2006 pour la mise en place du Dossier Médical Personnel (DMP)



# Remerciements

→ Opticsvalley, Genopole et Alcimed souhaitent remercier les organismes et les personnes citées pour leur contribution à ce travail

## Utilisateurs et donneurs d'ordre

## Fournisseurs et développeurs

Contact

Organisme

Dr Dominique Stoppa Lyonnet

Institut Curie

Emmanuel Barillot

Institut Curie

Philippe Dessen

Institut Gustave Roussy

Pr François Gremy

Université de Montpellier

Dr. Velay

Hôpital de Gray

Contact

Organisme

Olivier Verneuil

Télémédecine Technologies

Anita Burgin

LIM de Rennes

Christophe Hergersberg

GE Global Research

Pierre Falzon

CNAM

- L'objectif de cette étude consiste à caractériser l'état actuel des domaines d'interfaces entre les TIC et le diagnostic médical en Île-de-France

## Contexte

- De grands efforts de recherche, notamment en technologies d'information, sont aujourd'hui déployés pour l'aboutissement de la « révolution » de la médecine personnalisée.
- La télémédecine, indissociable des nouvelles évolutions des TIC, représente aujourd'hui l'espoir d'une médecine de haute qualité accessible à tous.

## Constats

- Le médecine personnalisée devient une réalité, un carrefour de multidisciplinarité, dans laquelle l'Île-de-France souhaite jouer un rôle de premier plan.
- Le marché de la télémédecine, malgré son dynamisme actuel, trouve des difficultés à se structurer en Île-de-France, et les réseaux créés ont une durée de vie limitée.

## Objectifs de l'étude

- Caractériser l'état d'avancement technologique des TIC dans le diagnostic et le dépistage
- Constater les besoins actuels et futurs dans l'interaction entre TIC et diagnostic
- Identifier le potentiel porté par l'Île-de-France dans ce domaine

→ Le développement des TIC est favorisé dans le domaine des services de santé par l'augmentation du savoir, l'uniformisation de la qualité des services médicaux et la pression budgétaire

## Augmentation du savoir

Les outils informatiques permettent de stocker et de mettre rapidement à disposition du praticien l'ensemble du savoir récent ou ancien concernant une pathologie précise, un traitement ou une procédure chirurgicale.

## Uniformisation de la qualité des services médicaux

La mise en œuvre de systèmes performants de télécommunications a donné naissance à la télémédecine qui permet aux praticiens de communiquer à distance et de donner accès à leur expertise à des praticiens et des patients isolés géographiquement.

## Pression budgétaire

Les outils informatiques devraient également améliorer le suivi des patients et l'organisation des services de santé afin de réduire les erreurs de prescription et les redondances de tests ou de traitements à terme, s'ensuivra une réduction du coût des services de santé.

→ Concernant les TIC pour l'aide au diagnostic, deux principaux outils ont été identifiés

## Systemes d'information d'aide à la décision

**Permettent aux praticiens d'affiner le dépistage et le diagnostic au début et au cours d'un traitement**

**Définition** (en médecine) : ensemble de logiciels qui s'appuient sur des bases de données de faits et de connaissances médicales ainsi que sur un moteur d'inférence, lui permettant de réaliser des déductions logiques (comparables à celles que feraient un expert humain dans ce domaine).

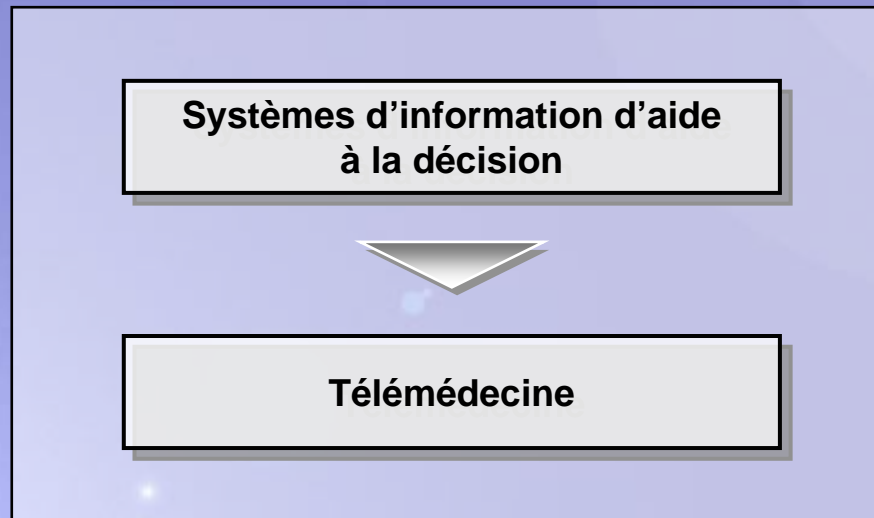
## Télémédecine

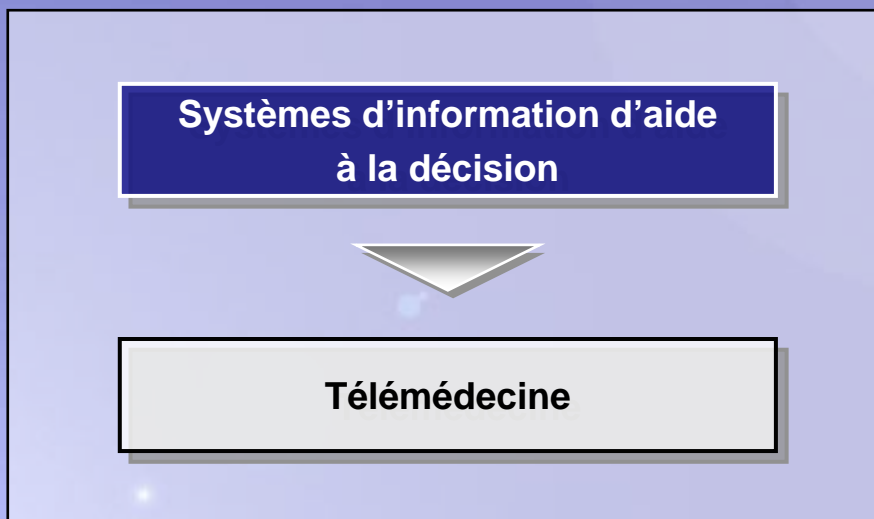
**Permet le transfert d'informations et/ou de savoir-faire à l'endroit où une décision médicale est prise**

**Définition** : ensemble d'utilisation des TIC pour permettre la prestation des soins à distance tels que la téléconsultation, la téléexpertise, la télésurveillance...

# TIC dans l'aide au diagnostic

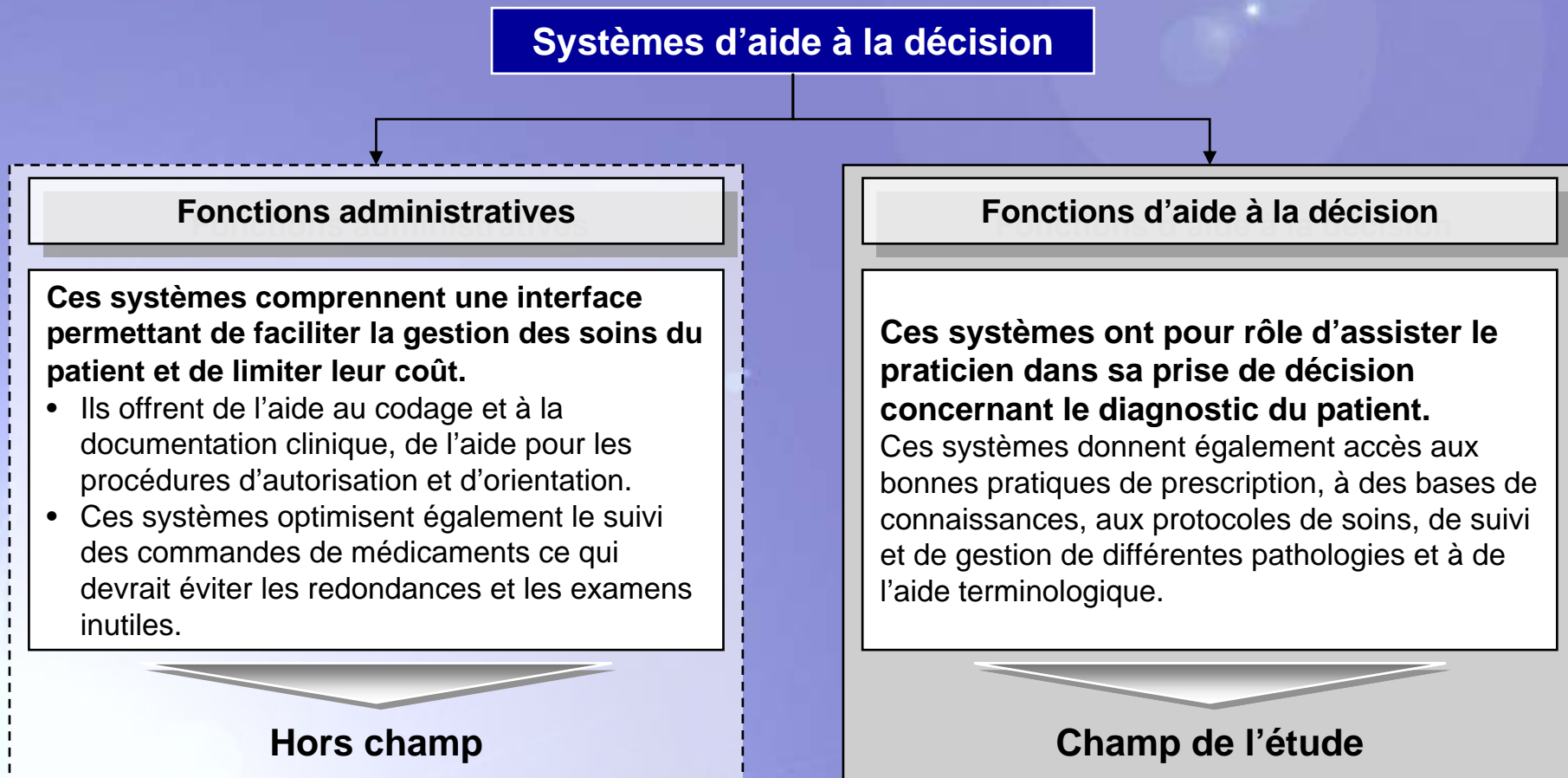
## *Plan de la présentation*





# Fonctions clés et champ de l'étude

→ Deux types de systèmes experts existent : ceux basés sur des fonctions administratives et ceux qui reposent sur des fonctions d'aide à la décision, sur lesquelles cette étude est focalisée



# Description générale des systèmes d'aide

→ Les systèmes d'aide à la décision produisent une liste de pathologies correspondant à des syndromes, symptômes et données spécifiques du patient

**Entrées**

**Traitement des données**

**Sorties**

**Signes cliniques,  
génomiques et post-  
génomiques :**

- Syndromes
- Symptômes
- Examen
- Données spécifiques du patient (ADN, protéome, transcriptome...)

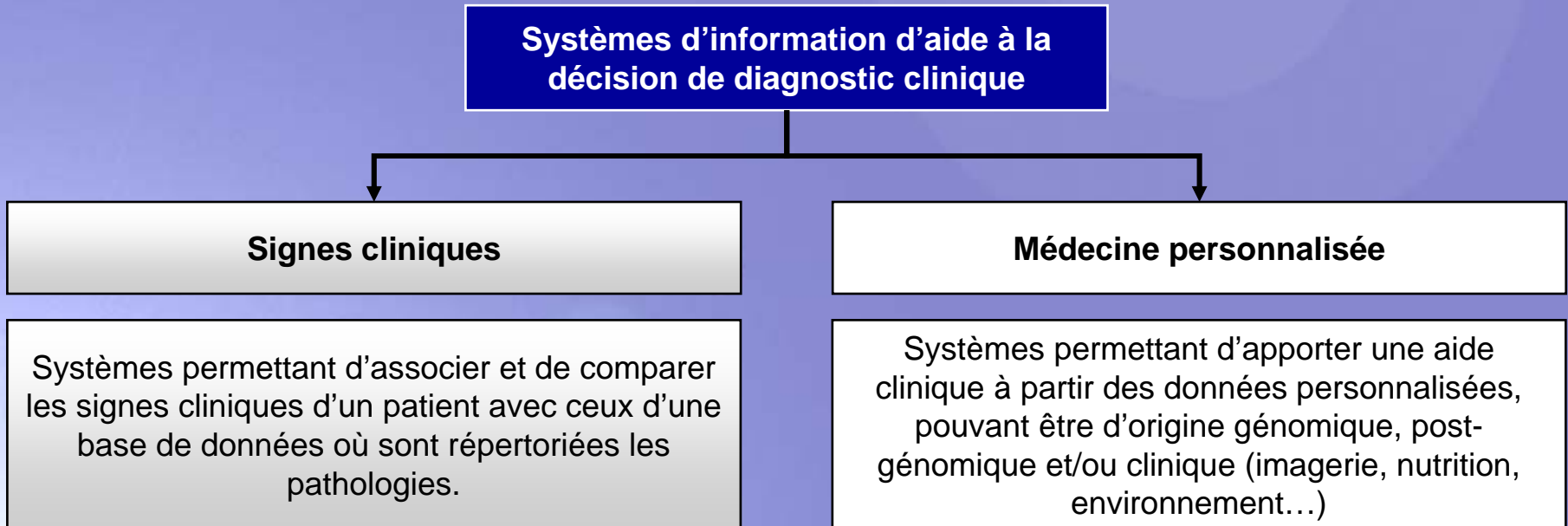
**Traitement des données  
grâce à des moteurs  
d'inférence issus des  
développements de  
l'intelligence artificielle**

**Liste de pathologies,  
de troubles, de  
conditions  
correspondant aux  
entrées patient**

→ Le marché des systèmes d'aide à la décision de diagnostic est très éclaté et il n'y a pas, à ce jour, de logiciels largement établis chez les professionnels de santé

- **Si aucun logiciel n'a été diffusé à grande échelle aujourd'hui, il existe un très grand nombre de programmes développés et utilisés localement par les professionnels de santé.**
  - Les premiers systèmes d'information d'aide à la décision ont été développés dans les années 1970 (comme le logiciel *Mycin* réalisé en 1974) pour des utilisations en interne et il a fallu attendre les années 1980 pour qu'un système expert soit commercialisé.
  - La part des logiciels développés en interne par des médecins ou des chercheurs est fortement majoritaire comparée à celle des logiciels commercialisés et ayant un objectif de grande diffusion.
- **L'impact de ces systèmes sur la pratique clinique de routine reste limité.**
  - Le faible déploiement de ces systèmes s'explique par la méfiance et la réticence des professionnels à les utiliser.
  - En effet, il y a encore aujourd'hui peu d'études de terrain démontrant l'efficacité et la rentabilité de ces systèmes d'information d'aide à la décision dans la pratique clinique.

- Il faut distinguer les systèmes d'aide à la décision basés sur l'interrogation d'une base de données de signes, de ceux qui se basent sur l'analyse des données personnalisées



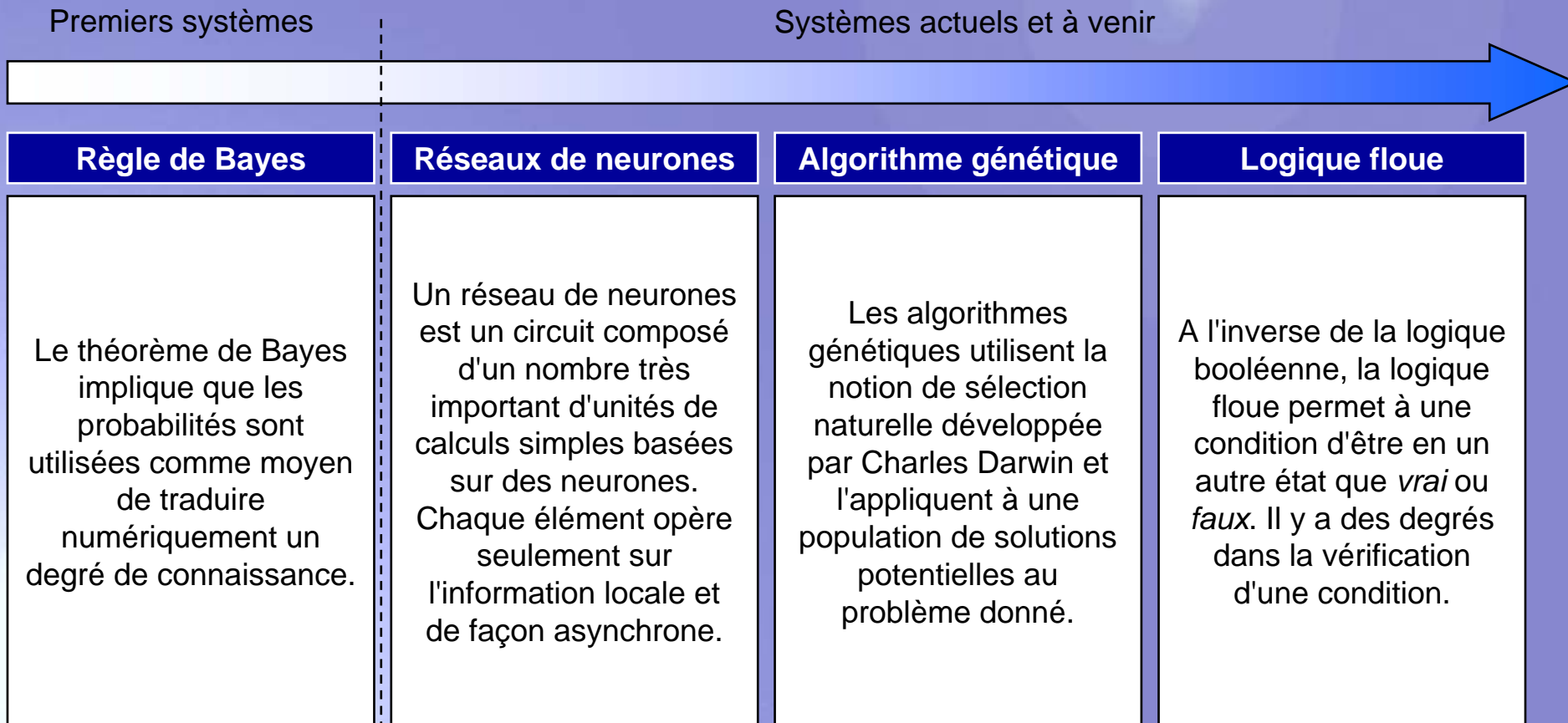
# Systemes d'aide à la décision / signes cliniques

## Technologies utilisées



→ Les systèmes d'aide à la décision basés sur les signes s'améliorent grâce aux développements de l'intelligence artificielle

### Évolution de l'intelligence artificielle utilisée dans les systèmes d'aide à la décision



# Systemes d'aide à la décision / signes cliniques

## Exemples de systemes experts utilisant la regle de Bayes

→ Les systemes *Le Sémiologiste* et *ADM*<sup>1</sup> ont été développés par des équipes françaises, mais c'est le système *QMR*<sup>2</sup>, d'origine américaine qui est le plus largement diffusé

Monde

France

Ile-de-France

*QMR*

Systeme d'aide à la décision, en particulier pour la médecine interne, développé dans les années 80 à partir du système d'Internist-1, à l'université de Pittsburg (USA). *QMR* est le seul système à avoir connu une large diffusion sur micro-ordinateur.

Monde

France

Ile-de-France

*ADM*

Le système *ADM* a été développé par le LIM de Rennes dans les années 80. Il se base sur une description de plus de 15 600 maladies, syndromes et formes cliniques, cette base est associée à un dictionnaire de plus de 110 000 entités et a un répertoire de plus de 45 000 mots. *ADM* se consulte via Internet.

*Le Sémiologiste*

Le système *Le Sémiologiste* comprend une base de 5 000 symptômes, syndromes, examens, antécédents, incidences particulières associés à plus de 700 maladies et s'appuie sur près de 70 000 associations signes-maladie pondérées. *Le Sémiologiste* est commercialisé par Solution AS (L'Escarène, France). Il a été développé au début des années 80 en collaboration avec l'hôpital Jean Coulon (Gourdon en Quercy).

1 : ADM (Aide au Diagnostic Médical)

2 : QMR (Quick Medical Reference)

- Le systeme **KASIMIR**, les sociétés **Biomérieux**, **ST Microelectronics** (en collaboration avec **Mobidiag**) offrent des systemes d'aide à la décision basés sur les dernieres avancees scientifiques en intelligence artificielle et en biologie

Monde

France

Ile-de-France

Mobidiag



ST Microelectronics et Mobidiag annoncent le lancement commercial d'un laboratoire sur puce pour le diagnostic bacterien. L'acquisition des signaux est effectuee par un lecteur utilisant un systeme expert permettant d'emetre un compte-rendu diagnostic pour le patient examine.

Monde

France

Ile-de-France



Le systeme expert AES (Advanced Expert System) fournit au microbiologiste un rapport precis et detaille, fonde sur les dernieres connaissances scientifiques, qui lui permet d'envisager avec le medecin le traitement antibiotique le plus efficace pour un patient.

KASIMIR

KASIMIR est un systeme d'information d'aide à la décision, developpe depuis 1998 par des organismes publics franais, en particulier l'INRIA<sup>1</sup>, pour le diagnostic, le traitement et le suivi du cancer. Il repose sur une analyse des entrees par logique floue.

1 : INRIA (Institut National de Recherche en Informatique et Automatique)

# Systèmes d'aide à la décision / signes cliniques

## Les utilisateurs et la demande



→ Les systèmes d'aide à la décision basés sur les signes cliniques sont encore peu utilisés par les médecins hospitaliers et les médecins généralistes

- **Les médecins utilisent petit à petit les systèmes d'information d'aide à la décision mais ces outils restent cependant faiblement diffusés au sein du corps médical...**
  - Les médecins hospitaliers ont été les premiers à utiliser ces systèmes ; les médecins généralistes les utilisent maintenant de plus en plus grâce à l'accès aux interfaces via Internet (par exemple : ADM comptait 672 000 requêtes, et environ 5600 membres enregistrés en 1999).
  - *«Même avec un meilleur accès grâce à Internet, ces outils restent cependant au global assez faiblement diffusés au sein du corps médical.»*  
*Anita Burgun, responsable systèmes experts au LIM, Faculté de médecine, Rennes*
- **...ces systèmes sont en effet souvent perçus comme se substituant à leur expertise alors qu'ils pourraient être considérés comme une aide.**
  - *«Beaucoup d'espoirs ont été mis dans le développement des systèmes d'aide à la décision mais les médecins n'y ont pas vu d'utilités concrètes, préférant travailler selon leur propre expertise, comme ils en ont l'habitude.»*  
*Pr François Gremy, ancien professeur de santé publique, Université de Montpellier, Montpellier.*

- Il est nécessaire de trouver un moyen de mettre à jour de manière automatisée les bases de données et de faire évoluer la perception des médecins sur ces systèmes

### Constats

**La pertinence des résultats fournis par un système expert dépend beaucoup de la qualité de sa base de données.**

**Les systèmes d'information d'aide à la décision ne sont pas largement diffusés car ils sont perçus comme se substituant à l'expertise du médecin**

### Besoins

**Mettre à jour les bases de données de manière automatisée.**

*« Nous avons aujourd'hui des difficultés car les données sont très dispersées dans la littérature et sur Internet. Idéalement, il faudrait que nous puissions disposer de systèmes d'acquisition et d'intégration automatiques. »*

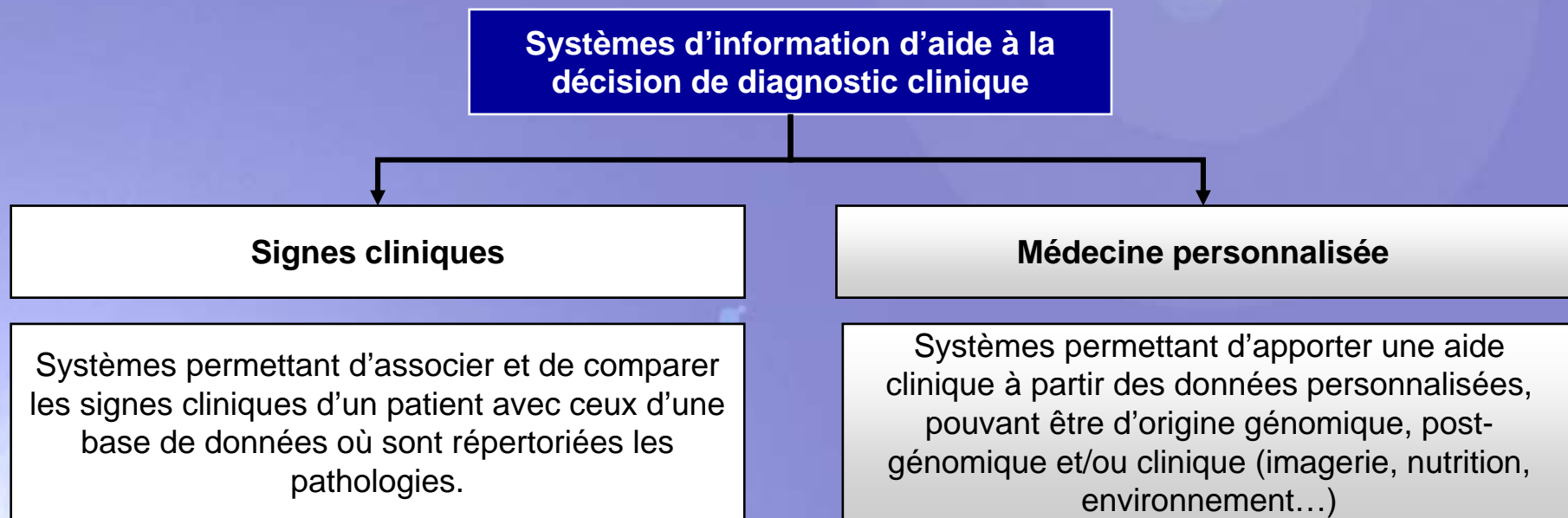
*Anita Burgun, responsable systèmes experts au LIM, Faculté de médecine, Rennes.*

**Mettre au point des systèmes qui soient davantage perçus comme une aide, en permettant notamment de ne pas oublier de considérer les facteurs annexes d'une pathologie.**

*« Les systèmes d'aide à la décision ne peuvent avoir de véritable avenir que s'ils évoluent vers des outils qui aident le praticien spécialiste à prendre en considération les facteurs annexes d'une pathologie au delà de ceux de la spécialité concernée, afin d'avoir une vision globale de son patient. Aux Etats-Unis, certains développements vont dans ce sens. »*

*Pr François Gremy, ancien professeur de santé publique, Université de Montpellier, Montpellier.*

- ✓ Les systèmes d'information d'aide à la décision classiques basés sur les signes pourraient être davantage utilisés, surtout lorsqu'ils sont disponibles en ligne.
- ✓ A part le système *Kasimir* qui a été en partie développé par des équipes franciliennes, aucun développement spécifique de systèmes d'aide à la décision basés sur les signes n'a été identifié en Ile-de-France.
- ✓ Les besoins pour ce type de systèmes concernent principalement la mise à jour automatisée des bases de données.



- Les systèmes d'aide à la décision de diagnostic basés sur les données de la médecine personnalisée vont permettre d'une part de personnaliser la prise de certains médicaments, d'autre part de diagnostiquer et pronostiquer des pathologies et finalement de détecter précocement des maladies

### Potentiel des systèmes d'information d'aide au diagnostic

#### Dépistage

Conduire de façon systématique un examen capable de détecter une maladie à un stade précoce de son développement pour améliorer les probabilités de guérison

#### Diagnostic et pronostic

Estimer les probabilités de développement, d'évolution et de récurrence de pathologies. La cancérologie est la discipline qui adresse le plus d'applications

#### Prescription personnalisée de médicaments

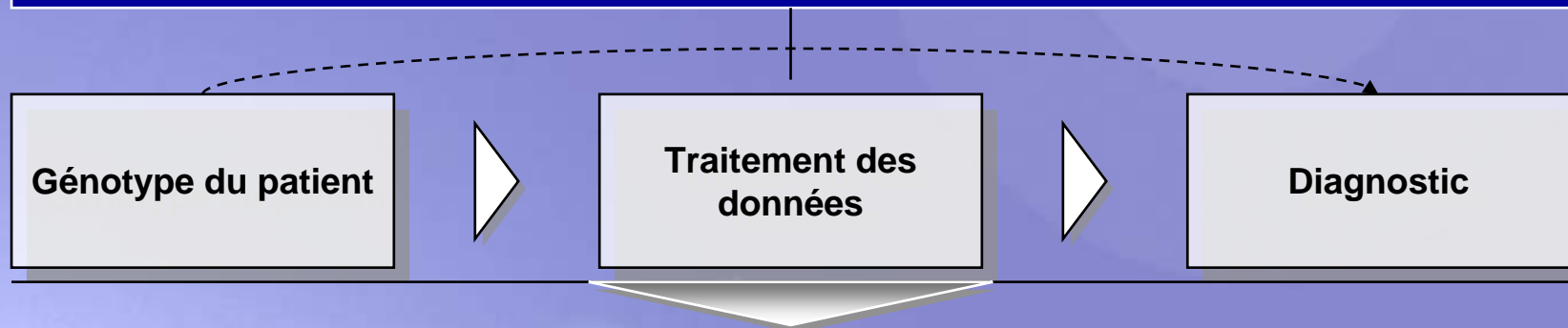
Personnaliser les cocktails et les doses de médicaments délivrés en fonction du profil génétique des patients.

### Médecine personnalisée

Adaptation du traitement et du suivi médical aux spécificités du patient

- Les systèmes d'aide à la décision basés sur la médecine personnalisée en sont encore pour la majorité d'entre eux au stade de développement

Les diagnostics basés sur le génotype du patient se développeront et les liens entre le génotype et les fonctions des protéines correspondantes seront davantage identifiés



De fait, l'offre de systèmes d'aide à la décision de la médecine personnalisée est encore à ses débuts, plusieurs projets de recherche dans ce domaine ont été identifiés, menés par des acteurs publics et privés, certains projets déjà en phase commerciale ont aussi été identifiés.

«Les systèmes experts basés sur les analyses génomiques et dans le futur aussi basés sur la protéomique, sont aujourd'hui dans l'enfance de leur développement, il est d'abord nécessaire d'identifier un maximum d'indicateurs génétiques afin de déterminer lesquels seront les plus pertinents pour aboutir à un diagnostic, c'est ce à quoi nous nous attachons. »

*Emmanuel Barillot, responsable bioinformatique, Institut Curie.*

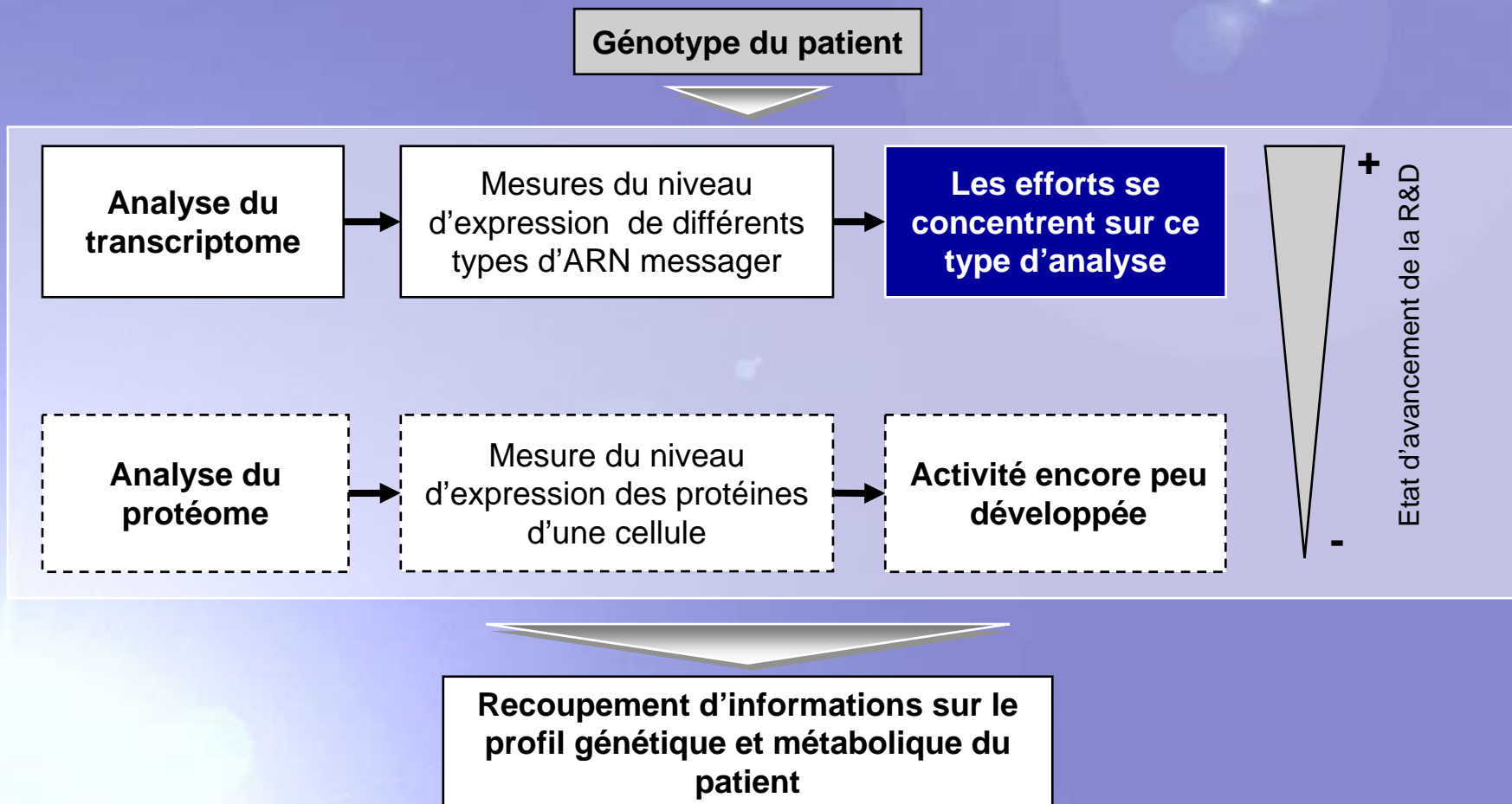
# Systemes d'aide à la décision / médecine personnalisée

## Stades de développements actuels



31

- Aujourd'hui en Ile-de-France on cherche à produire des données issues de l'analyse du transcriptome et prochainement du protéome afin de préparer le développement des futurs systèmes experts



- Ces logiciels sont les briques indispensables à la création de systèmes d'aide à la décision basés sur la génomique

**Logiciels les plus utilisés  
par les centres  
anticancéreux en Ile-de-  
France**

- **Resolver System** de Rosetta (USA)
- **GeneSpring GX** d'Agilent Technologies (USA)

**Autres logiciels concurrents :**

- **SpotFire Decision Site**
- **GeneCluster**
- **Expressionist**
- **BioConductor**
- **Tree View packages**
- **TM4**

Source : [www.pubmedcentral.com](http://www.pubmedcentral.com)

*« Les logiciels Resolver et GeneSpring nous conviennent, ce type de logiciel est composé d'un ensemble de briques constituées d'algorithmes développés par des académiques, presque tous aux USA. » Philippe Dessen, responsable bioinformatique en analyse de transcriptome, IGR*

# Systemes d'aide à la décision / médecine personnalisée

## Typologie des acteurs et localisation



➔ Les institutionnels, les sociétés de biotech, les grandes sociétés éditrices de logiciels et fournisseurs d'appareils biomédicaux sont les principaux développeurs et offreurs de systèmes

Typologie	Exemple		Enjeux
	Monde	France, IdF	
Institutionnels et universitaires		IGR <sup>1</sup> , Institut Curie, Institut Pasteur, CNG <sup>2</sup>	Développer des technologies permettant de soutenir leur propre recherche
Sociétés de biotechnologie	Genomic Health (USA)	Génome Express (Isère)	Développer des logiciels permettant d'assurer l'analyse des données issues des biopuces afin de commercialiser des tests et de proposer des services
Sociétés éditrices de logiciels	IBM Santé (IdF)	IBM Santé (IdF)	Développer des logiciels supports à l'intégration des données
Fournisseurs d'outils biomédicaux	Affymetrix (USA), Perkin Elmer (USA)	GE (IdF), Siemens (IdF),	Développer des technologies de support et des systèmes aux différents niveaux des développements
Laboratoires pharmaceutiques	Roche (Suisse), GSK (UK)		Développer et commercialiser des tests permettant de sélectionner les médicaments en fonction du patient

1 : IGR (Institut Gustave Roussy)

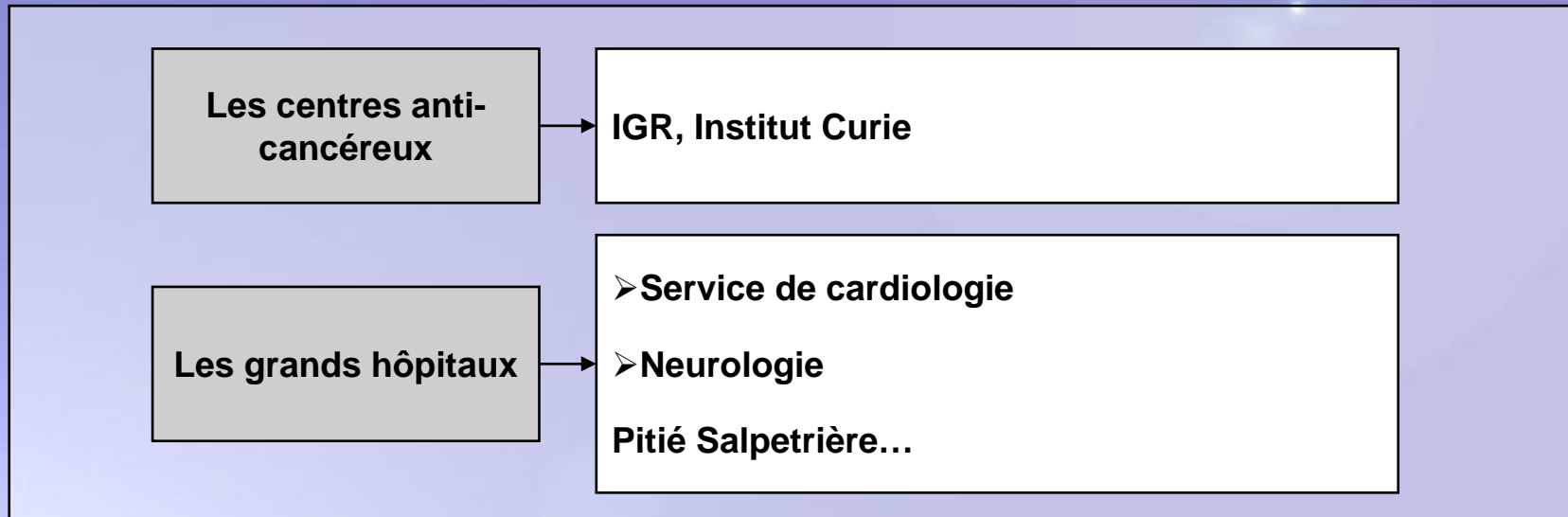
2 : CNG (Centre National de Génotypage)

# Systemes d'aide à la décision / médecine personnalisée

## Typologie des utilisateurs en Ile-de-France



- Les centres anti-cancéreux et les services de cardiologie et de neurologie des grands centres hospitaliers sont les principaux utilisateurs de ces systèmes



**Les spécialités les plus demandeuses sont la cancérologie, la cardiologie et la neurologie**

*«Les systèmes d'aide à la décision basés sur la génomique auront le plus d'application au niveau des pathologies chroniques et en particulier celles des spécialités cancérologie, neurologie et cardiologie.»*  
Christophe Hergersberg, Global Technology leader, Biosciences, GE<sup>1</sup> Global Research.

1 : GE (General Electric)

# Systemes d'aide à la décision / médecine personnalisée

## Exemples de développements avancés : Diagnostic



- IBM, le CNRC ainsi que l'Institut Curie, en Ile-de-France, mènent de grands projets de recherche et de développement sur des systèmes d'aide à la décision pour le diagnostic basés sur l'analyse de données de génomique



**IBM**

La division Santé et sciences de la vie d'IBM mène, en collaboration avec certains des centres anticancéreux les plus importants du monde (le Memorial Sloan-Kettering Cancer Center à New-York, le Molecular Profiling Institute à Phoenix et le Centre de recherche du CHU de Sainte-Justine à Montréal) des projets de profilage moléculaire pour l'aide au diagnostic clinique.

**CNRC**

Le Conseil National de Recherche du Canada (CNRC) mène en collaboration avec le centre hospitalier pour enfants de l'est de l'Ontario, le Centro Nacional de Biotecnologia à Madrid et le Centro Nacional de Investigaciones Oncologicas à Madrid un programme de recherche visant à créer des systèmes bioinformatiques intelligents basés sur l'analyse des données fonctionnelles de la génomique et de la protéomique pour l'aide à la décision en diagnostic clinique.

**Institut  
Curie**

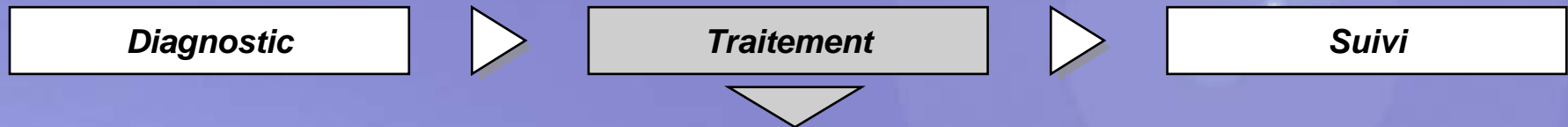
Le service de bioinformatique de l'Institut Curie mène, en collaboration avec l'hôpital Saint-Louis, le Cancéropole d'Île-de-France et l'Institut Gustave Roussy, un projet de recherche sur le développement de méthodes pronostiques et diagnostiques basées sur le profil moléculaire des tumeurs.

# Systemes d'aide à la décision / médecine personnalisée

## Exemples de développements avancés : Traitement



- Certains laboratoires pharmaceutiques s'intéressent au développement de tests permettant de déterminer une prescription personnalisée des traitements médicamenteux



**Roche**  
**Diagnostics**  
(Suisse)

- Roche utilise la technologie des puces à *ADN Affymetrix* (en particulier la puce *AmpliChip CYP 450*) qui analyse les gènes 2D6 et 2C19 (gènes permettant l'expression des iso enzymes les plus impliquées dans la biotransformation) pour sélectionner des médicaments et fixer des doses personnalisées en vue de traitement de maladies cardiaques, cancers et maladies liées à la douleur.
- Ce type de test est par exemple intéressant dans le cadre de prescription de codéine, pro-médicament qui est activé en morphine plus ou moins rapidement par le métabolisme du patient.

**GSK**  
(UK)

GSK travaille sur un système apte à déterminer quels patients pourront recevoir son traitement *Ziagen*, pour lequel 5% de la population traitée risquent de développer des réactions sévères d'hypersensibilité.

# Systemes d'aide à la décision / médecine personnalisée

## Exemples de développements avancés : Suivi

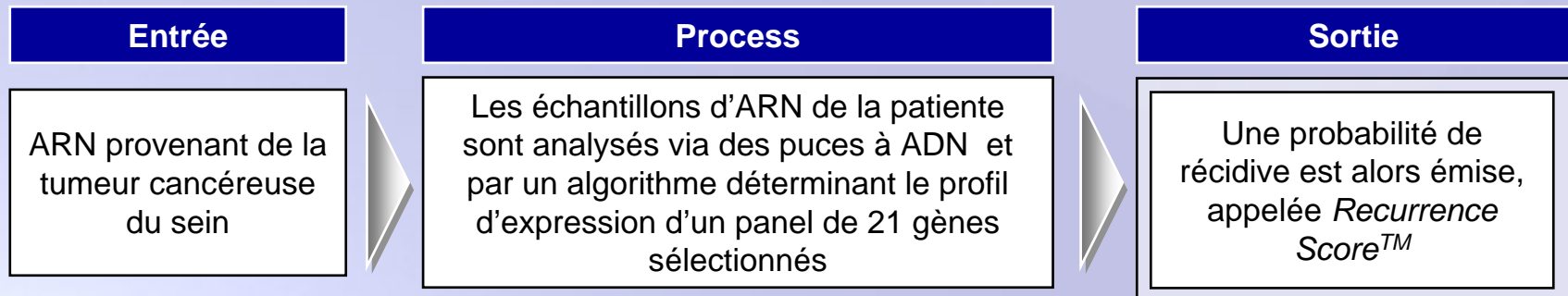


37

- Des sociétés de biotechnologie commercialisent déjà des solutions pour estimer les risques d'évolution d'une pathologie, mais la validation clinique suscite quelques réserves



Genomic Health (USA) a déjà mis sur le marché un service de médecine personnalisée appelé *Oncotype DX* permettant de déterminer les risques de récurrence de cancer du sein selon le profil moléculaire de la patiente.



### Validation clinique

Même si l'algorithme utilisé a été validé par Genomic Health grâce à un essai clinique multicentrique sur 650 patients, ce produit suscite quelques réserves en France.

«*Genomic Health est une des sociétés de biotech qui propose avec Oncotype DX un des services de médecine personnalisée les plus aboutis ; il semble très séduisant mais reste simple et d'une précision qui peut être discutée.*» Dr Dominique Stoppa Lyonnet, responsable du service génétique oncologique, Institut Curie

### → De nouvelles publications de la FDA montrent une prise en compte croissante de ces outils au niveau réglementaire

- **Les acteurs interrogés ne pensent pas que la législation ait un poids important concernant les systèmes d'aide à la décision.**
  - Pour ces acteurs, le développement des outils en est encore à ses débuts et la réglementation n'aura pas un rôle important à jouer.
  - « *Les logiciels d'aide à la décision ne sont pas soumis à une réglementation particulière, mais leur utilisation engage la responsabilité de l'utilisateur final qui prend une décision médicale.* » Anita Burgun, responsable systèmes experts au LIM, Faculté de médecine, Rennes.
- **Mais de nouvelles recommandations de la FDA indiquent que l'administration américaine compte accroître la réglementation de ces outils.**
  - En septembre 2006, la FDA (*Food and Drug Administration*) rend une première ébauche des recommandations en direction de l'industrie et des laboratoires cliniques concernant les systèmes appelés *In Vitro Diagnostic Multivariate Index Assays* (IVDMIA).
  - Selon leur utilisation finale, diagnostique ou thérapeutique, ces outils peuvent être classifiés dans les groupes II, ayant besoin uniquement d'une notification de mise sur le marché, ou de groupe III, ayant besoin d'une autorisation de la part de la FDA.

### → La mise au point de systèmes d'aide au diagnostic nécessite la constitution de bases de données de profils génétiques ainsi qu'une validation clinique

- **La constitution des bases de données nécessite de structurer et standardiser les données issues des analyses génomiques ainsi que d'améliorer les outils de recherche des informations publiées.**
  - Les données issues des différents types de puces ne sont pas standardisées et le référencement des gènes et de leurs fonctions n'est pas encore optimal, ce qui entrave toute comparaison des résultats issus des publications et l'établissement de réseaux de relations pertinents entre gènes.
  - Il est nécessaire d'améliorer le savoir-faire en text-mining afin de capter les publications (concernant en particulier l'expression des gènes et les relations entre eux).
- **Les validations cliniques de ces systèmes nécessitent de mener des études cliniques à grande échelle.**
  - *« Le NKI, sous l'impulsion de Laura Van't Veer, finit une étude sur plusieurs milliers de patients afin d'élaborer une base de données et de valider le système pour pouvoir prédire la formation de métastases grâce à l'analyse de biopuces. »*  
*Emmanuel Barillot, responsable bioinformatique, Institut Curie.*
  - *« Il ne faut pas non plus négliger l'association des systèmes d'aide au diagnostic avec les logiciels de calculs de facteurs de risques qui prennent en compte les facteurs personnels (hérédité, historique médical,...). »*  
*Dr Dominique Stoppa Lyonnet, responsable du service génétique oncologique, Institut Curie*

- Les systèmes d'aide à la décision, notamment basés sur les données personnalisées, vont permettre de faire un pas de plus vers une médecine personnalisée, et donc de poser la question de la disponibilité des traitements personnalisés

### Traitements et protocoles adaptés au profil génétique du patient

Le développement de la médecine personnalisée est dépendante de la capacité de l'industrie pharma et biotech à intégrer ses concepts dans leur stratégie de développement

- D'une part, le développement de la médecine personnalisée va permettre de cibler plus finement les essais cliniques et pourra donc faciliter les enregistrements.
- D'autre part, cette médecine va à l'inverse des politiques de *blockbuster*, puisqu'elle reviendrait en effet à réduire la population cible d'un médicament et donc à réduire la taille des marchés finaux.

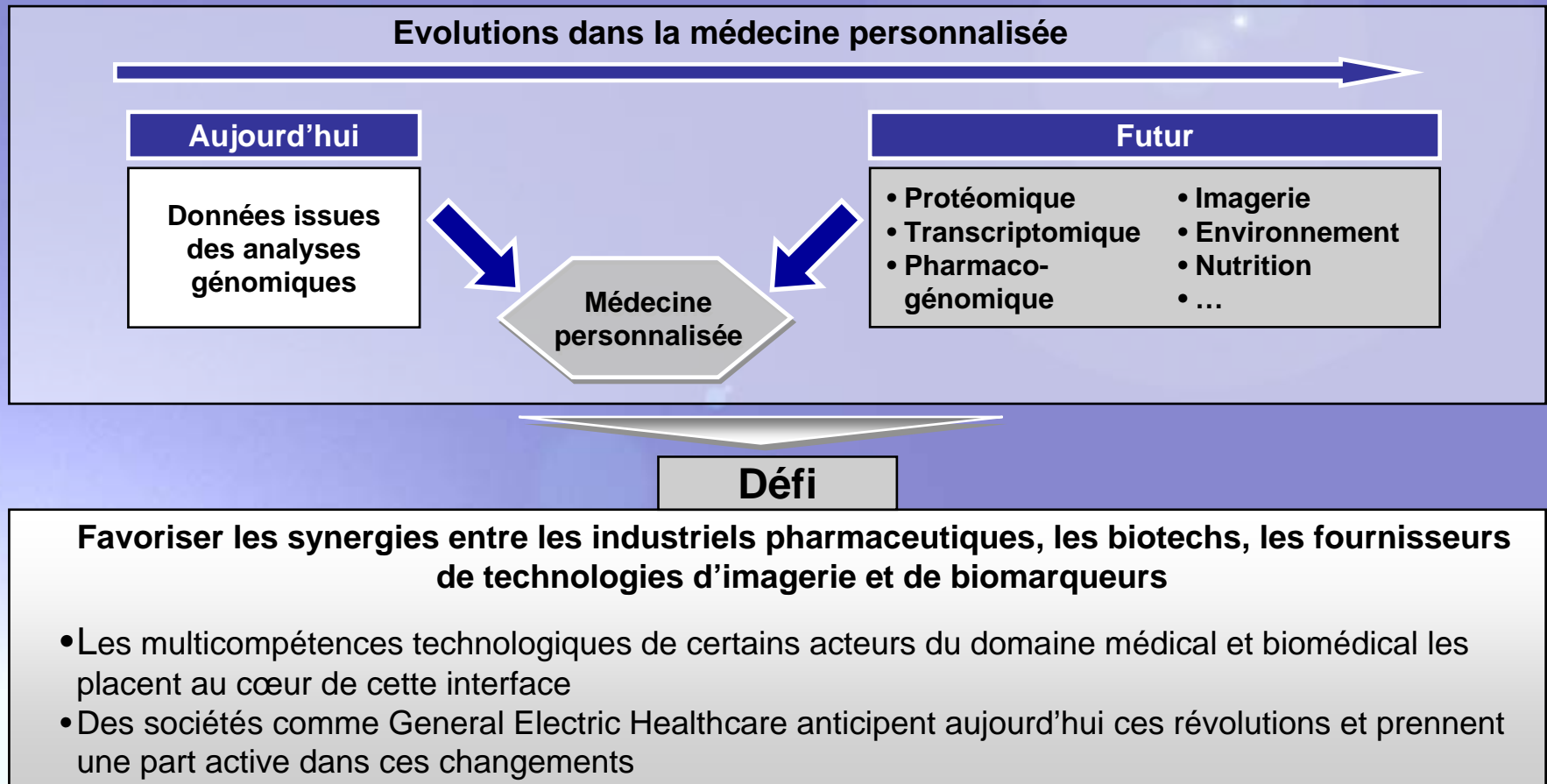
# Systemes d'aide à la décision / médecine personnalisée

## Vision intégrée



41

- La médecine personnalisée devrait aller plus loin dans l'intégration des données du patient, et des sociétés telles que General Electric anticipent ces évolutions.

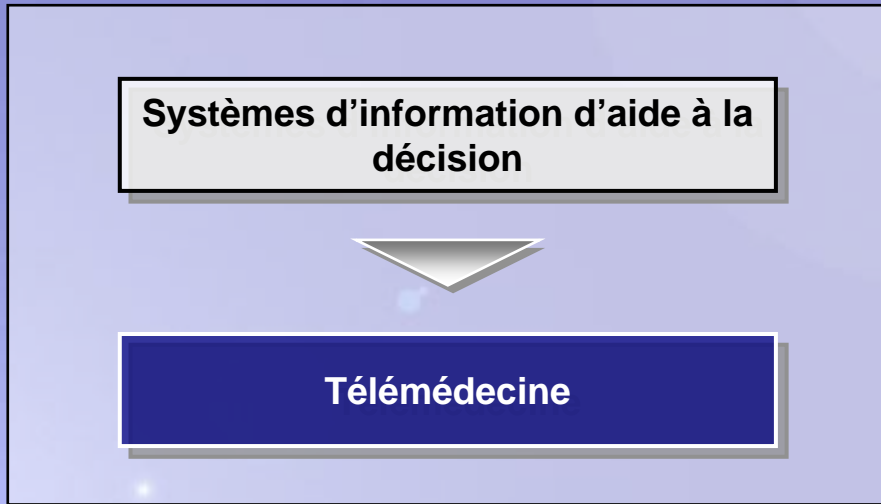


Adapté de : Conférence de Christoph Hergesberg (GE Healthcare) intitulée 'Personalized medicine and in vitro diagnostics 'opportunities for new ventures', le 8 février 2006 aux USA.

→ L'Ile-de-France est la région française la plus active, cependant les développements les plus aboutis ne sont pas sur le territoire français

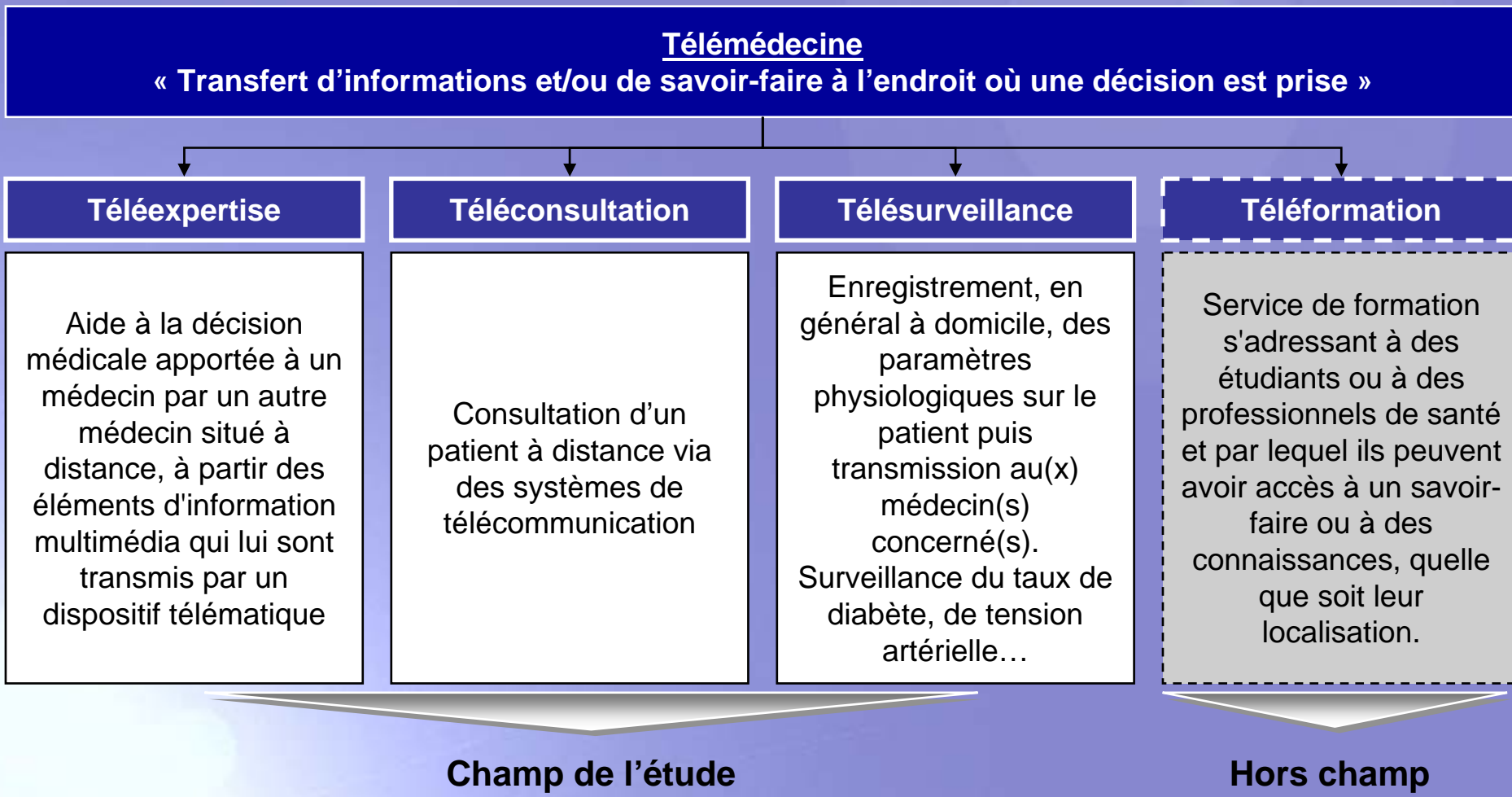
- **L'Ile-de-France est, avec Grenoble, la région française qui présente le plus fort potentiel de développement en médecine personnalisée.**
  - L'Ile-de-France regroupe en France le plus de centres impliqués dans le développement d'analyses à visée diagnostic basées sur la génomique, avec notamment l'Institut Curie, l'Institut Pasteur, l'Institut Gustave Roussy et le Genopole® d'Evry.
  - Une implication forte de ces acteurs à l'interface entre la recherche et la clinique sera essentielle pour le développement de cette filière en France.
  - Grenoble, avec la présence d'acteurs importants au niveau du diagnostic, en particulier bioMérieux, possède un fort potentiel dans ce domaine sur lequel il semble aujourd'hui prêt à s'investir.
- **Néanmoins, les principaux développements à très forte visibilité ne sont pas en France.**
  - Les développeurs des logiciels les plus utilisés pour comparer des profils ainsi que les sociétés qui sont les plus avancées en terme de développement de systèmes d'aide à la décision de diagnostic basés sur les données génomiques n'ont pas une activité de R&D sur le territoire français.
  - *«Un secteur bioinformatique dynamique et à la pointe permet de soutenir et concrétiser les efforts de recherche en génomique, c'est le maillon essentiel pour parvenir à interpréter les données issues de la recherche, la France devrait prendre exemple sur Israël qui, avec le Weizmann Institute à l'université de Tel-Aviv est particulièrement dynamique.» Emmanuel Barillot, responsable bioinformatique, Institut Curie.*

- ✓ Le secteur qui offre le plus de perspectives est celui des systèmes d'information d'aide à la décision de diagnostic basés sur les données de la médecine personnalisée.
- ✓ Les centres de recherche comme l'IGR ou l'Institut Curie se focalisent notamment sur l'analyse du transcriptome via les puces à ADN.
- ✓ Les systèmes d'aide à la décision permettant de fournir des indications cliniques sont encore peu développés, l'interprétation clinique des biopuces ne faisant que débiter.
- ✓ Les laboratoires pharmaceutiques sont à un stade avancé de développement de solutions de médecine personnalisée.
- ✓ Par contre les sociétés de biotech commercialisant déjà des solutions sont peu nombreuses.



# Définition et champ de l'étude

→ La télémédecine recouvre la téléexpertise, la téléconsultation, la télésurveillance, la téléformation.



→ **Le marché de la télémédecine, encore naissant et très fragmenté, est estimé à 1,2 milliards d'euros en Europe et à 90 millions d'euros en France**

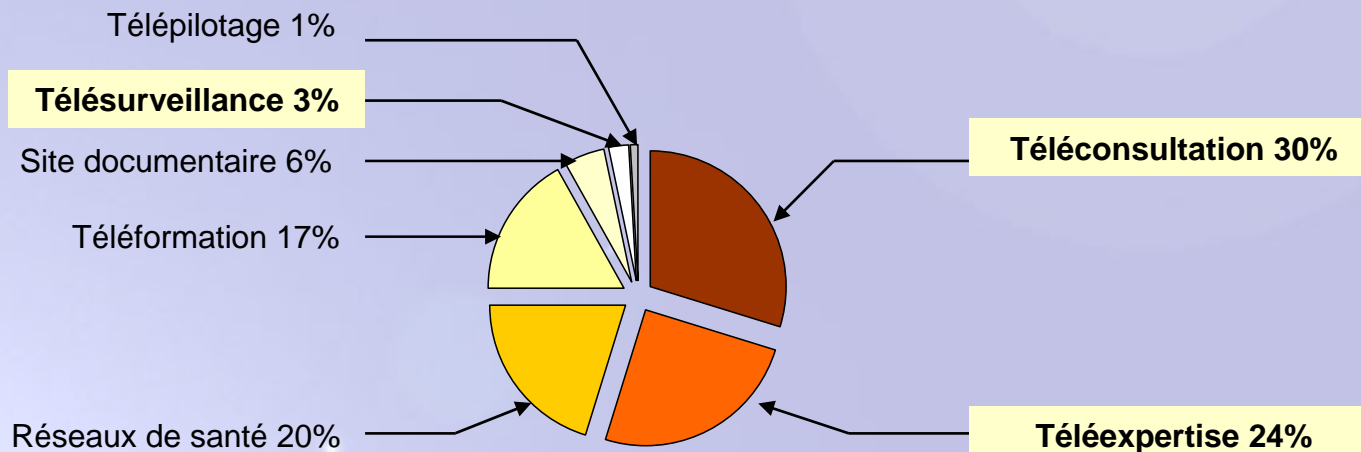
- **La télémédecine se trouve à l'intersection de deux marchés à haute valeur ajoutée et en croissance : le domaine de la santé et celui des TIC.**
  - RocSearch a évalué le marché européen de la télémédecine à 1,2 milliards d'euros en 2003.
  - Selon le SNITEM (Syndicat National de l'Industrie des Technologies Médicales), en France et en 2003, la télémédecine représente environ 1% du marché des technologies médicales qui s'élève à 9 milliards d'euros, soit environ 90 millions d'euros.
- **Le marché de la télémédecine est un secteur très dynamique, appelé à croître.**
  - Le marché de la télémédecine est appelé à croître au fur et à mesure que des possibilités technologiques nouvelles seront développées.
  - La proportion de l'hospitalisation à domicile, grâce au développement de la télémédecine, devrait passer de 10% en 2004 à 16% in 2011.

# Panorama de la télémédecine en France

## Répartition par type de réseau

→ Sur l'ensemble des réseaux de télémédecine en exploitation, la téléconsultation, la téléexpertise et la télésurveillance représentent 57% des utilisations

### Type d'utilisation des réseaux de télémédecine en France



100% = 535 citations d'utilisation par types de réseaux en exploitation



**Téléconsultation + Téléexpertise + Télésurveillance = 57% des cas**

Source cartographie : Observatoire des réseaux de télésanté, juillet 2006

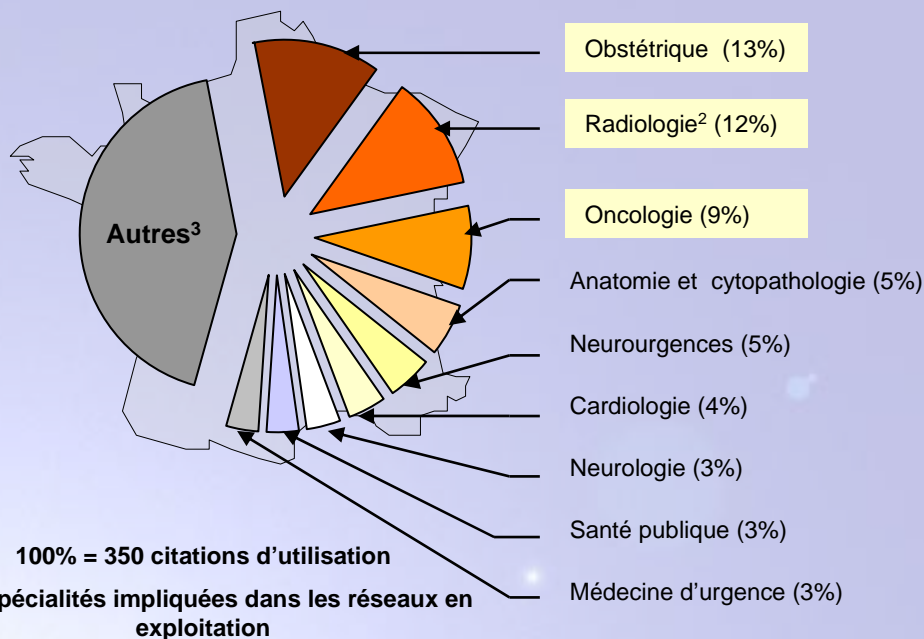


# Panorama de la télémédecine en France

## Répartition par spécialité

➔ Les spécialités obstétrique, radiologie et oncologie impliquent plus de 30% des réseaux de télémédecine existants

### Spécialités impliquées dans les réseaux de télémédecine<sup>1</sup> en France



- 1- Radiologie (9)
- 2- Obstétrique (6)
- 3- Oncologie (5)
- 3- Anatomie et cytopathologie (5)
- 3- Hospitalisation à domicile (5)
- 4- Médecine d'urgence (4)
- 4- Génétique médicale (4)
- Autres (nombre de réseaux inférieur à 4)

1 : Réseaux de téléconsultation, téléexpertise et télésurveillance

2 : Cf partie sur le Traitement et stockage de l'image

3 : <10 réseaux impliqués

Source cartographie : Observatoire des réseaux de télésanté, juillet 2006

- Les TIC nécessaires au développement de la télémédecine existent, il s'agit des technologies Internet et des logiciels permettant de communiquer à distance

## Fonctionnalités utilisées

- Internet (ADSL et SDSL)
- Interfaçage au futur DMP
- Partage d'imagerie médicale
- Session de travail collaboratif
- Messagerie
- Téléphonie portable
- Visioconférence via IP

## Supports technologiques

	<u>Exemples de société :</u>
Logiciel de travail collaboratif	Etiam (Rennes)
Systèmes intégrés de visioconférence	Polycom, Tanberg
Appareils d'acquisition des données biomédicales à domicile	Cardguard (Suisse)
Logiciels de traitement et de communication d'images médicales	Samba technologies

**Les TIC nécessaires à la télémédecine existent, et ce sont des technologies éprouvées**

*« Nous n'avons pas de barrière technologique pour développer des projets de télémédecine, les TIC actuelles permettent déjà d'envisager beaucoup de possibilités d'application. » Directeur commercial, Télémédecine Technologies, Boulogne Billancourt (92)*

- Les projets de télémédecine peuvent être soutenus par les hôpitaux, les collectivités territoriales, les ARH<sup>1</sup> et même l'Union Européenne.

## Typologie des financements disponibles

**Les hôpitaux**

**Les ARH (Agences Régionales de l'Hospitalisation)**

**Les conseils généraux**

**Les conseils régionaux à travers les contrats de plan Etat-Région**

**L'Union Européenne avec notamment les programmes Interreg ou e-Ten**



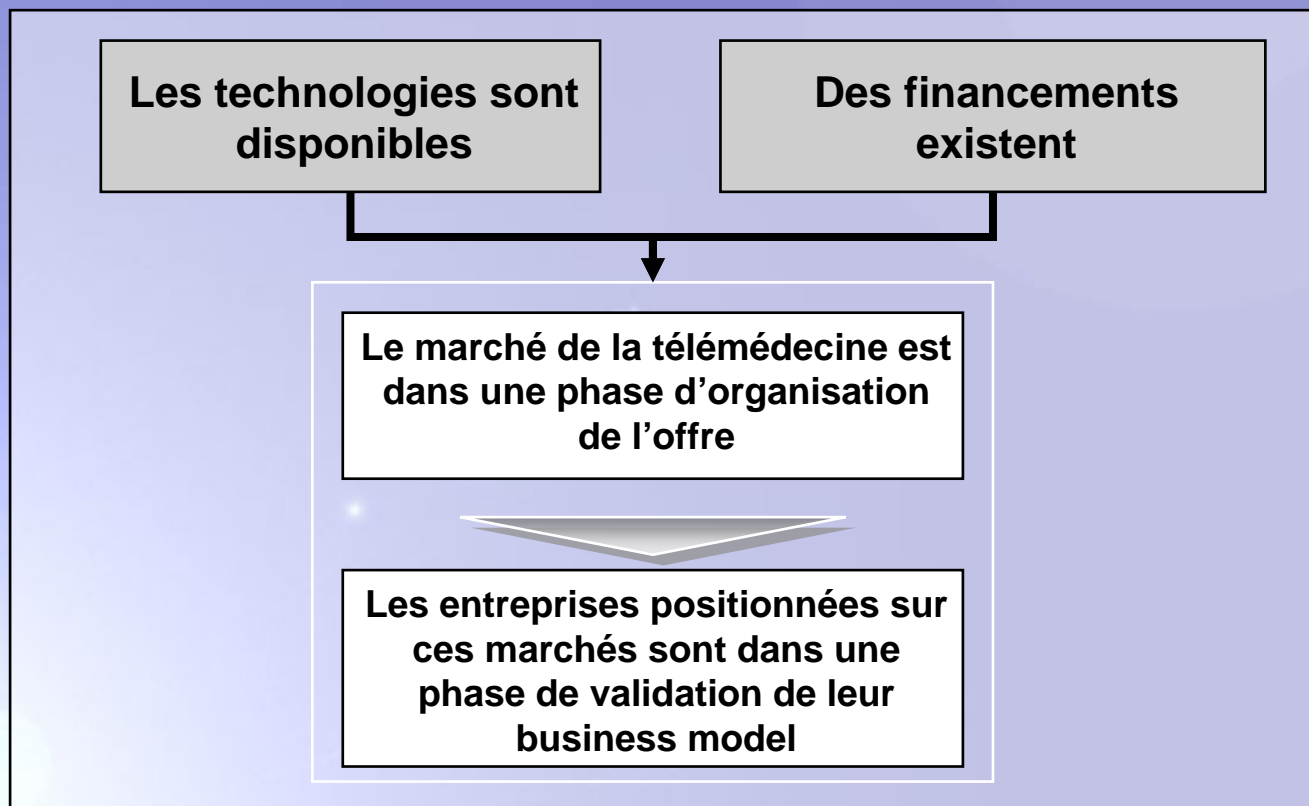
**Les assurances privées sont convaincues que la téléassistance peut diminuer significativement les frais d'hospitalisation, certaines compagnies (AXA notamment) commencent donc à participer financièrement à des projets de téléassistance.**

**Les projets de télémédecine sont soutenus par des financements régionaux, nationaux et européens selon l'envergure du projet**

1 : Agences Régionales de l'Hospitalisation

- Les entreprises positionnées actuellement sur ce marché organisent leur offre et tentent de définir le modèle économique de leur activité


## État de maturité du marché de la télémédecine



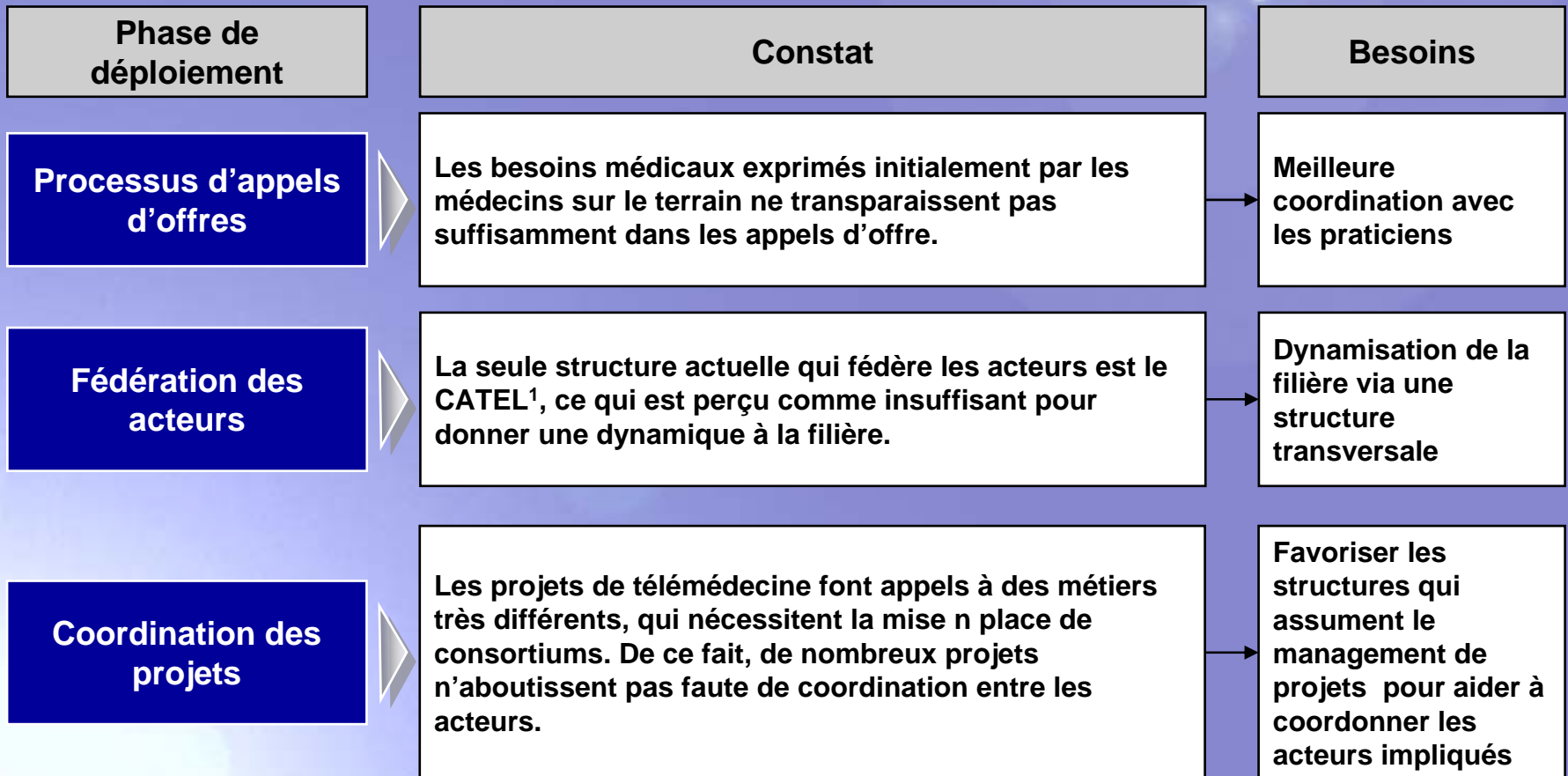
# Les offreurs de solution en télémédecine

→ Les offreurs de solutions intégrées de télémédecine sont le plus souvent les SSII

Typologie des offreurs	Produits et services proposés	Sociétés présentes en Ile-de-France
<b>Les SSII</b>	<b>Intégration des solutions informatiques et technologiques au projet de télémédecine</b>	Télémédecine technologies (92), Medcost (75). Les grandes SSII comme ATOS Origin (92) ou Unilog (75) commencent à proposer des activités de télémédecine
<b>Les éditeurs de logiciels</b>	<b>Mise au point de logiciels de travail collaboratif, d'acquisition et de transmission des données</b>	Pas d'éditeurs de logiciels identifié en Ile-de-France
<b>Les fournisseurs de solutions de communication</b>	<b>Offre globale de visioconférence (Polycom, Tandberg), mise à disposition de supports réseaux particuliers (France Télécom)</b>	Polycom (92), Tandberg (92) : filiales françaises de groupes internationaux, France Télécom et Orange
<b>Les fournisseurs d'appareils biomédicaux</b>	<b>Appareils nécessaires pour l'acquisition et la transmission des données pour le segment téléassistance (par exemple Philips avec le système Lifeline)</b>	Les centres de R&D de ces fournisseurs ne sont pas en Ile-de-France (GE, Biomérieux notamment)

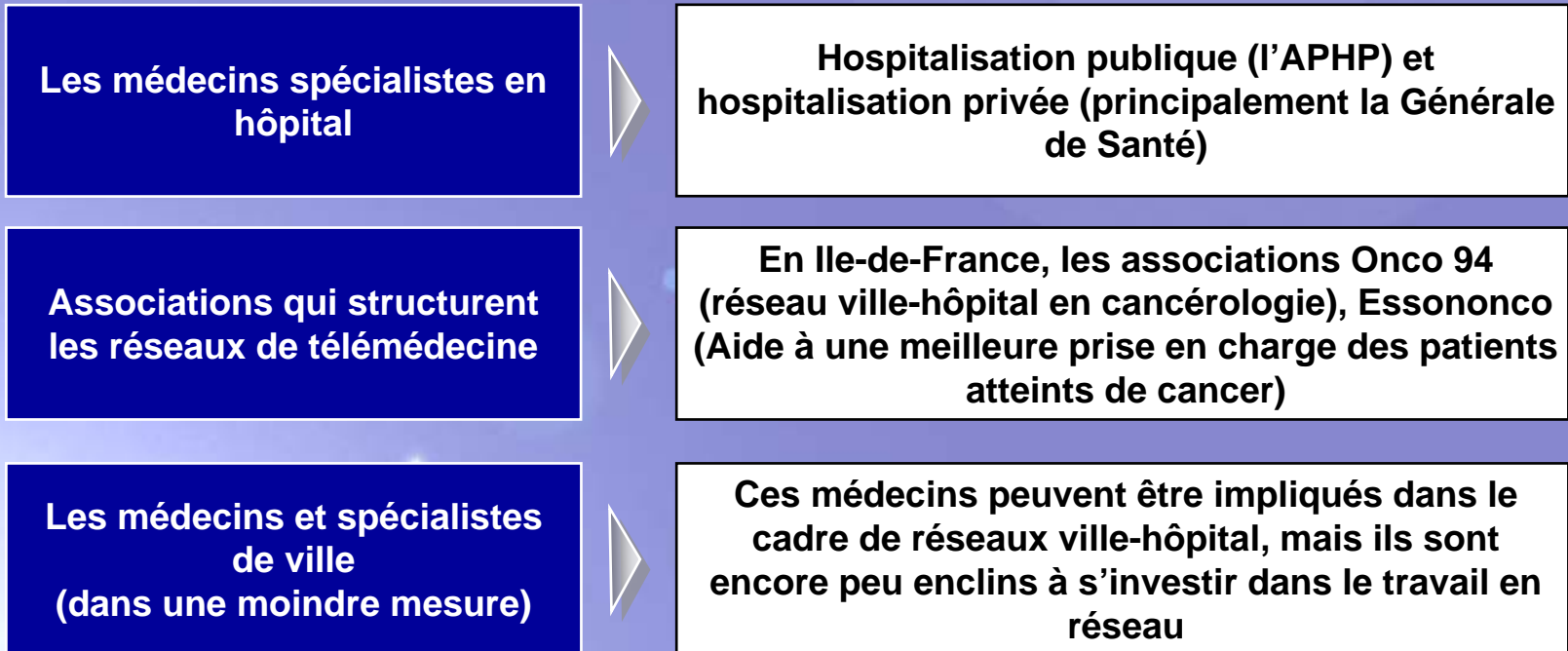
 Fedialis medica (Marly le Roi), filiale de GSK, développe des logiciels médicaux notamment dans le domaine de l'hospitalisation à domicile, cependant le cœur de métier de GSK reste la commercialisation de médicaments.

→ Les offreurs en télémédecine ont besoin de soutien pour coordonner les projets, de structures qui fédèrent les acteurs et d'allègements des processus d'appels d'offres



1 : CATEL (Organisation qui a pour mission la promotion et le développement de la télésanté)

- Au sein des réseaux de télémédecine, les principaux utilisateurs sont les médecins spécialistes des hôpitaux, les associations qui structurent les réseaux et les médecins de ville



# Exemples de réseaux en Île-de-France 1/2

## Les réseaux de téléexpertise, de téléconsultation

➔ Parmi les 52 réseaux de télé médecine présents en Ile-de-France, les réseaux TELIF, Perin@t et Ophdiat en téléexpertise et le réseau Ariane en téléconsultation sont particulièrement actifs

	Nom du réseau	Enjeux
Téléexpertise	TELIF	Système d'acquisition, de transmission et d'archivage de données médicales comportant du texte et de l'imagerie radiologique. Il est utilisé principalement pour la régulation des urgences neurochirurgicales et pour l'interprétation des examens radiologiques gériatriques
	PERIN@T	Visioconférence point à point et multipoint. Demande d'avis, échanges d'informations sur le diagnostic anténatal Démarrage en 2003, 9 sites concernés
	OPHDIAT	Réseau de dépistage de la rétinopathie diabétique par photographies numériques du fond de l'œil transmises par télé médecine Démarrage en 2001, 12 sites concernés
Téléconsultation	ARIANE	Téléconsultation en cancérologie Démarrage en 1996, 6 sites concernés
	Télégéria HEGP	Téléconsultation audio-visuelle entre des établissements d'hébergement des personnes âgées dépendantes et des médecins gériatres de centres hospitaliers et des médecins d'urgence SAMU centre 15 - WIFI avec outil miniaturisé -

# Exemples de réseaux en Île-de-France 2/2

## Les réseaux de télésurveillance



→ Encore à leur début, les réseaux de télésurveillance sont amenés à se développer

Nom du réseau	Enjeux
<b>Automesure tensionnelle à domicile</b>	Télétransmission de l'automesure tensionnelle pour les patients hypertendus suivis à leur domicile
<b>Télémonitoring fœtal-St Antoine</b>	Télésurveillance à domicile de patientes présentant des grossesses à risque mais qui ne nécessitent pas une hospitalisation. Enregistrement et transmission à la maternité du rythme cardio foetal (RCF)
<b>Application médico-sociales pour handicapés</b>	Téléalarme médicalisée pour handicapés moteurs et/ou respiratoires au domicile. Transmission vocale de l'appel entre le patient et le SAMU92 qui selon le message utilise un répertoire (médecins et autres personnes ) pour envoyer chez le patient du secours ou de l'aide.

« C'est au niveau des technologies liées à la télésurveillance qu'il y a aujourd'hui le plus d'innovations, je pense en particulier aux détecteurs de chute pour les personnes âgées ou bien les bracelets GPS comme le bracelet Columba, développé conjointement par l'opérateur Orange et la société canadienne Medical Mobile, qui permet de géolocaliser les patients de la maladie d'Alzheimer et qui manifestent le syndrome d'errance. »

Directeur commercial, Télémedecine Technologies, Boulogne Billancourt (92)

- ✓ Le marché de la télémédecine estimé à 90 millions d'euros en France est encore naissant et très fragmenté.
- ✓ La téléexpertise, la téléconsultation et la télésurveillance sont les réseaux de télémédecine les plus développés représentant 57% des utilisations des réseaux en télémédecine en France.
- ✓ Les offreurs de télémédecine sont peu nombreux en Ile-de-France mais des SSII implantées dans la région pourraient s'investir dans les années à venir vers des activités de télémédecine.
- ✓ Les TIC nécessaires à la télémédecine existent et sont maintenant considérées comme des technologies éprouvées.
- ✓ Les développements technologiques les plus significatifs ont lieu dans le domaine de la télésurveillance comme la mise au point de détecteurs de chute à distance et de bracelets GPS.
- ✓ Les principaux besoins exprimés sont le soutien des structures susceptibles de coordonner les projets, les structures qui fédèrent les acteurs du secteur, et la nécessité d'alléger les processus d'appels d'offres.

Etude réalisée par Opticsvalley et Genopole®,  
grâce au soutien  
du Conseil Régional d'Ile-de-France,  
du Conseil Général de l'Essonne,  
En collaboration avec Alcimed.

