

Chapitre 13 : Radioprotection

Radioprotection des patients (RPP)

Pr. Jean-Philippe VUILLEZ

Plan du cours

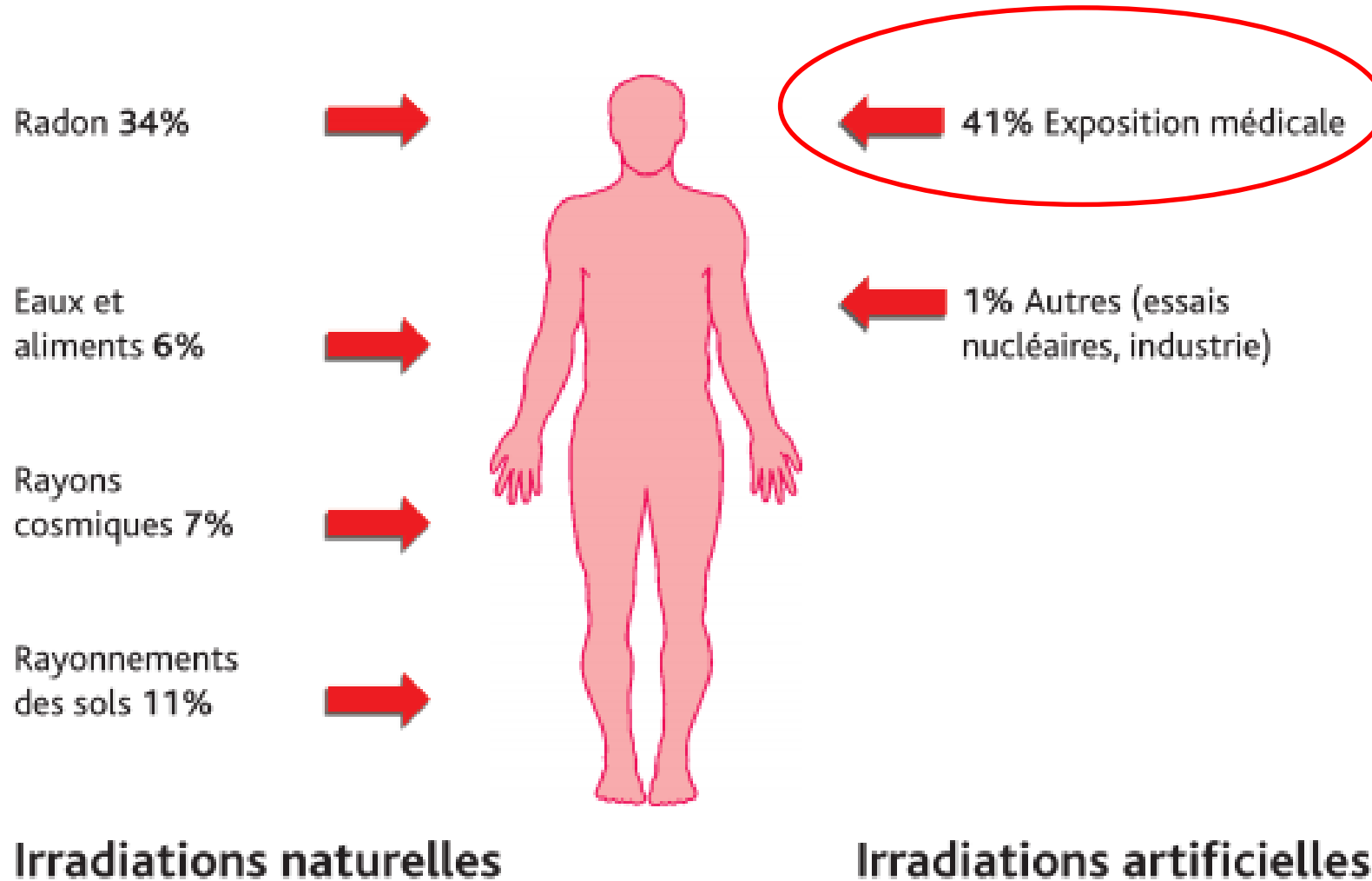
- Généralités
 - Balance bénéfice/risque
 - Justification et optimisation
- Prévention des effets déterministes
- Prévention des effets stochastiques
- Comment améliorer la balance bénéfice/risque
 - Optimisation
 - Niveaux de référence diagnostiques

Objectifs pédagogiques du cours

- Comprendre que les effets nocifs des rayonnements doivent être mis en balance avec les bénéfices des actes irradiants
- Distinguer gestion des effets déterministes et prévention des effets stochastiques
- Savoir expliquer les principes de **justification** et d'**optimisation**
- Bien comprendre qu'il n'y a pas de limitation des doses en RPP, et pourquoi.

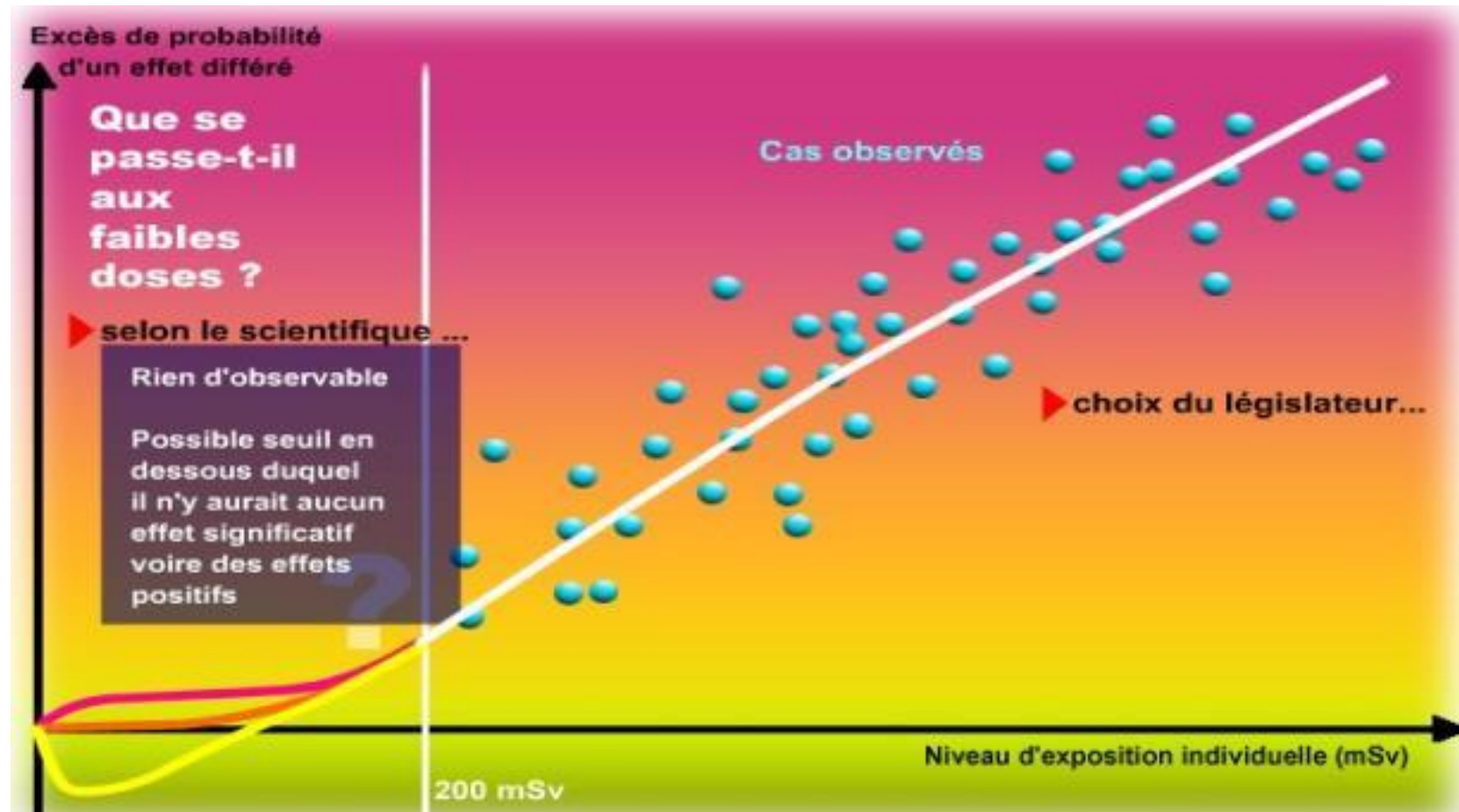
1) Généralités

Exposition de l'homme aux Rayonnements ionisants



Radioprotection des patients

- Notion essentielle : **balance bénéfice risque**
- Justification
- Optimisation
- **Pas de limitation !**



Justification

« les expositions à des fins médicales... doivent, si l'on compare les avantages globaux qu'elles procurent, y compris les avantages médicaux directs pour la personne concernée et les avantages pour la société, **présenter un avantage net suffisant par rapport au préjudice individuel qu'une exposition pourrait provoquer**, en tenant compte de l'efficacité ainsi que des avantages et des risques d'autres techniques disponibles ayant le même objectif mais n'impliquant aucune exposition ou une exposition moindre à des rayonnements ionisants. »

Justification

- En particulier :
 - a)
 - Tout **nouveau type de pratique** impliquant des expositions à des fins médicales est justifié avant d'être généralement adopté
 - Les types de pratique impliquant des expositions à des fins médicales peuvent être **revus à la lumière de connaissances nouvelles et importantes** concernant leur efficacité ou leurs conséquences
 - b) toutes les expositions individuelles à des fins médicales sont justifiées préalablement en tenant compte des objectifs spécifiques de l'exposition et des caractéristiques de la personne concernée.

Justification

« Si un type de pratique impliquant une exposition à des fins médicales n'est pas justifié d'une manière générale, une exposition **individuelle** déterminée de ce type peut être justifiée dans des **conditions particulières** qu'il convient d'évaluer **cas par cas** ... »

En pratique : les questions de la justification des examens irradiants:

- Cet examen est-il utile?
- Cet examen va-t-il vraiment changer la démarche diagnostique et modifier la stratégie thérapeutique ?
- L'examen a-t-il déjà été pratiqué ?
- N'est-il pas redondant avec les éléments d'ores et déjà connus ou déjà prescrits ?
- Est-ce l'examen le plus indiqué ? À impact clinique et disponibilité identique, privilégier les techniques non irradiantes.
- Le problème a-t-il été bien posé? Une question a-t-elle été formulée?

Optimisation

- Réduire au maximum les doses délivrées tout en maintenant les meilleures performances diagnostiques possibles
- Optimiser \neq Délivrer de manière dogmatique encore et toujours moins de dose
- Optimiser = **A**méliorer la qualité des images diagnostiques pour un meilleur service médical rendu et si possible à moindre coût dosimétrique

Principe « ALARA » : « As Low As Reasonably Achievable »

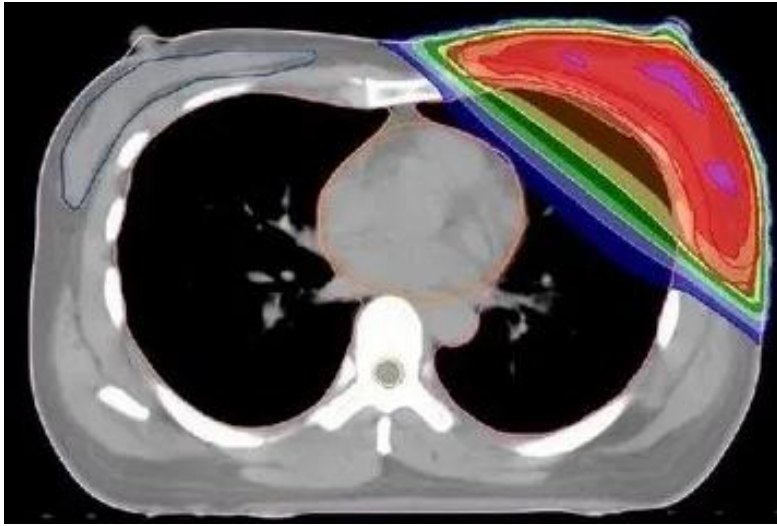
Notion de balance bénéfice/risque

- Bénéfice
- Risque =
 - Effets déterministes
 - Effets stochastiques
- A estimer en fonction de la dose délivrée :
 - Pas d'effets déterministes en dessous de 500 mGy
 - Pas d'effets stochastique significatif démontré en dessous de 100 mSv (dose efficace)

2) Prévention des effets déterministes chez les patients

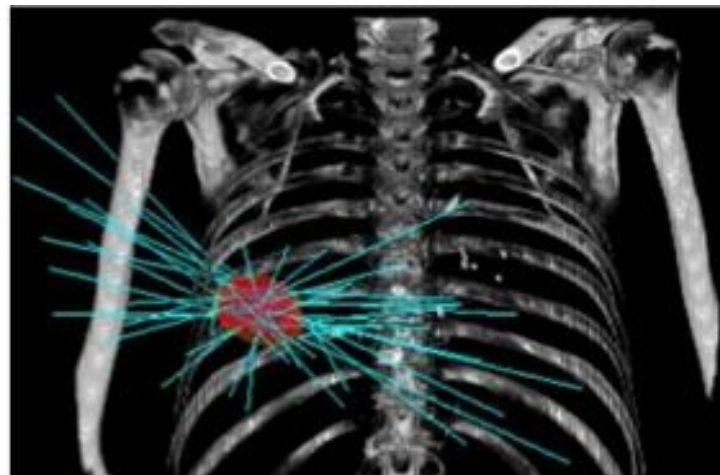
- La plupart des examens diagnostiques ne délivrent pas de doses « suffisantes »
- Deux cas particuliers
 - La radiothérapie des cancers
 - La radiologie interventionnelle

Radiothérapie



- Effets déterministes inévitables dans les tissus voisins de la tumeur
- Les techniques modernes visent à les réduire au maximum

- Effets secondaires aigus
 - Radiodermite et radiomucite (« brûlures ») sont les plus fréquents
 - Phénomènes d'oedème
 - Ils sont réversibles
 - Effets majorés si combinaison avec une chimiothérapie (effet radiosensibilisant)
- Effets secondaires tardifs
 - Souvent irréversibles, problèmes de qualité de vie
 - Peau : fine, glabre, pigmentation
 - Intestin : télangiectasie (hémorragies), subocclusion, perforation, fistule
 - Mâchoire : ostéoradionécrose
 - Ovaires, testicules : stérilité
 - Cerveau : troubles cognitifs



Ex de radiothérapie stéréotaxique, technique de radiothérapie guidée par l'image de très haute précision qui permet :

- de délivrer de très fortes doses de radiothérapie dans de petits volumes
- de réaliser des traitements dits "radio-ablatifs", qui détruisent la tumeur
- d'épargner les organes sains avoisinants

**Tableau II – NTCP (Normal Tissue Complication Probability) pour différents organes à risque –
Emami et al. Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 1991; 21: 109-122.**

Organe	TD5/5 en Gy (5% de complication sévère à 5 ans)			TD50/5 en Gy (50% de complication sévère à 5 ans)			Effet tardif Grade ≥ 3
	1/3	2/3	3/3	1/3	2/3	3/3	
Proportion de volume irradiée							
Parotide	-	32	32	-	46	46	Xérostomie sévère
Articulation Temporo-mandibulaire	65	60	60	77	72	72	Trismus sévère
Moelle : longueur irradiée	5 cm	10 cm	20 cm	5 cm	10 cm	20 cm	Myélite
Moelle : longueur irradiée	50	50	47	70	70	-	Myélite
Tronc cérébral	60	53	50	-	-	65	Nécrose
Chiasma	-	-	50	-	-	65	Cécité
Rétine	-	-	45	-	-	65	Cécité
Nerf optique	-	-	50	-	-	65	Cécité
Cristallin	-	-	10	-	-	18	Cataracte
Larynx	79	70	70	90	80	80	Nécrose du cartilage
Cerveau	60	50	45	75	65	60	Nécrose
Oreille	55	55	55	65	65	65	Otite chronique sévère

Modèle d'estimation des complications tardives lors d'une irradiation inhomogène.

Radiologie interventionnelle

- Procédure thérapeutiques (embolisations, destruction de tumeurs...) utilisant des rayons X pour guider le geste
- Procédures difficiles, parfois longues, susceptibles de délivrer des doses importantes surtout à la peau
- Mais bénéfice indiscutable car souvent la vie du patient est en jeu...



Cet exemple fait suite à une prise en charge en radiologie interventionnelle de lésions anévrismales complexes développées sur l'arcade gastro-duodénale dans la région abdominale. L'image montre les lésions cutanées à J58 et J67 de l'exposition : radiodermite desquamative humide typique, correspondant à la dosimétrie reconstituée(www.has-sante.fr)



(Collection
du Pr Bey)

3) Prévention des effets stochastiques chez les patients

- La plupart des examens diagnostiques délivrent des doses $< 100 \text{ mSv}$
- Raisonnement très différent par rapport à la radioprotection des travailleurs
 - **Balance bénéfice risque**

La **radiologie** délivre une exposition externe
 Elle regroupe les techniques de

- radiologie conventionnelle
- mammographie
- scanographie
- radiologie interventionnelle.

Les actes médicaux irradiants délivrent des doses individuelles très variables selon les types d'examens : Cf tableau ci-contre

On est très en dessous de 100 mSv

Examens radiologiques	Dose efficace moyenne (mSv)	Nombre équivalent de clichés thoraciques	Durée équivalente d'exposition naturelle
Membres et articulations	< 0,01	< 0,2	< 1,5 jours
thorax (1 cliché postéro-antérieur)	0,05	1	7 jours
Crâne	0,05	1	7 jours
Rachis dorsal (2 clichés)	0,4	20	2 mois
Rachis lombaire (2 clichés)	1,8	36	9 mois
Hanche (2 clichés)	0,35	7	7 semaines
Bassin (1 cliché)	1,2	24	6 mois
Abdomen sans préparation (2 clichés)	1,9	38	9 mois
Urographie intraveineuse	2,1	42	11 mois
Transit oeso-gastro-duodénal (TOGD)	12	240	5 ans
Lavement baryté	12	240	5 ans
Scanner du crâne	2,1	42	11 mois
Scanner du thorax	5,7	114	2,4 ans
Scanner abdomino-pelvien	12	240	5 ans

Valeurs calculées à partir du Guide des procédures radiologiques (SFR)

La **médecine nucléaire** utilisée à des fins **diagnostiques** consiste en **l'injection de médicaments radioactifs** à **durée de vie courte** qui se fixent sur certains tissus. La médecine nucléaire est aussi utilisée à des fins **thérapeutiques** avec de **fortes activités** dans certains cancers.

L'utilisation des radio-isotopes provoque une **exposition interne**.

- L'injection dans l'organisme de traceurs radioactifs à des fins **diagnostiques** délivre des doses comparables à celles de la radiographie.
- En **thérapie**, les doses peuvent être localement très élevées, de l'ordre de plusieurs dizaines de grays. Ces niveaux d'activité imposent des précautions particulières. Par exemple, un patient traité par iode radioactif (iode 131) pour un cancer thyroïdien élimine le radionucléide par la salive, la transpiration et surtout les urines. Des précautions d'éloignement et d'hygiène sont nécessaires pendant quelques jours vis-à-vis des jeunes enfants et des femmes enceintes. Une information spécifique est fournie à ces patients et à leur entourage dans les services de médecine nucléaire.

Doses délivrées par les explorations diagnostiques en médecine nucléaire.

Examen	MRP	Activité administrée (MBq) ^a	Dose efficace par unité d'activité administrée (μSv/MBq) ^b	Dose efficace (homme 70 kg)	Dose efficace supplémentaire en rapport avec le TDM couplé
Scintigraphie osseuse	^{99m} Tc-HDP	670 (9,5 MBq/kg)	4	2,6	4-8 mSv (deux champs de vue squelette axial 400-800 mGy.cm)
Scintigraphie thyroïdienne	^{99m} Tc-pertecnetate de sodium	110	4 (blocage thyroïdien) - 15,8 (pas de blocage)	0,4-1,7	
Scintigraphie thyroïdienne	¹²³ I-iodure de sodium	8	152 (fixation faible) - 231 (fixation normale) - 314 (fixation forte)	1,2-1,8-2,5	
Scintigraphie rénale	^{99m} Tc-Mag3	180	4,0	0,7	
Scintigraphie de perfusion pulmonaire	^{99m} Tc-MAA	225	14	3,1	0,9-2,6 mSv (acquisition thoracique 50-150 mGy.cm)
Scintigraphie de ventilation pulmonaire	^{99m} Tc-technegas	20-40	19,0	0,4-0,8	
Scintigraphie de perfusion myocardique (1 passage, stress seul)	^{99m} Tc-MIBI/tétrofosmine	285 (2 MBq/kg : CZT) (3,7 MBq/kg : NRD)	5,7	0,8-1,5	
Scintigraphie de perfusion myocardique (1 passage, stress seul)	²⁰¹ Tl Chlorure de Thallium	110 (0,7 MBq/kg : CZT) (1,4 MBq/kg : NRD)	102	5 - 10	
TEP	¹⁸ F-FDG	245 (3,5 MBq/kg)	17,1	4,2	4-8 mSv (acquisition vertex-tiers inférieur des cuisses : 400-800 mGy.cm)

MRP : médicaments radiopharmaceutiques ; TDM : tomodensitométrie ; NRD : niveaux de référence ; TEP : tomographie à émission de positons.

^a NRD.

^b Publication 103 de la Commission internationale de protection radiologique (CIRP).

D'après : Andersson M. Erratum to: Effective dose to adult patients from 338 radiopharmaceuticals estimated using ICRP biokinetic data, ICRP/ICRU computational reference phantoms and ICRP 2007 tissue weighting factors. *EJNMMI Phys* 2015;2:22.

Autres références : rapport SFPM 33-2017. Guides de procédures SF médecine nucléaire.

Vuillez JP, Bonardel G. Radioprotection en médecine nucléaire.

EMC - Radiologie et imagerie médicale - principes et technique - radioprotection 2019;0(0):1-15 [Article 35-330-A-10].

À retenir pour la radioprotection des patients et de leur entourage

- En médecine nucléaire diagnostique, aucun effet déterministe ne peut survenir.
- Le risque stochastique peut être considéré comme nul en médecine nucléaire diagnostique, dans la mesure où ce risque n'est avéré qu'au-dessus de 100 mSv en irradiation unique, dose que ne délivre aucun examen scintigraphique.
- Aucune mesure d'éviction n'est à envisager et aucune consigne dans ce sens ne doit être donnée aux patients, après une procédure diagnostique de médecine nucléaire, vis-à-vis de l'entourage et de l'environnement.
- En cas d'administration d'activités thérapeutiques, la grossesse doit absolument être préalablement écartée. En cas de grossesse, un traitement par radiothérapie interne vectorisée (RIV) doit être contre-indiqué. Des mesures d'éviction et de précaution au retour à domicile, pendant une période variable déterminée par calcul, sont nécessaires.
- Aucune mesure particulière n'est à prendre, dans tous les cas, vis-à-vis de l'entourage autre que familial ou proche, ou vis-à-vis de l'environnement.

4) Comment améliorer la balance bénéfice/risque

- Démarche d'optimisation
- Niveaux de référence diagnostique
 - ➔ ces deux outils visent à
 - Réduire les doses
 - Tout en maintenant la qualité diagnostique
 - Ce qui suppose de suivre les progrès techniques pour adapter en permanence les pratiques

Niveaux de Références Diagnostiques (NRD)



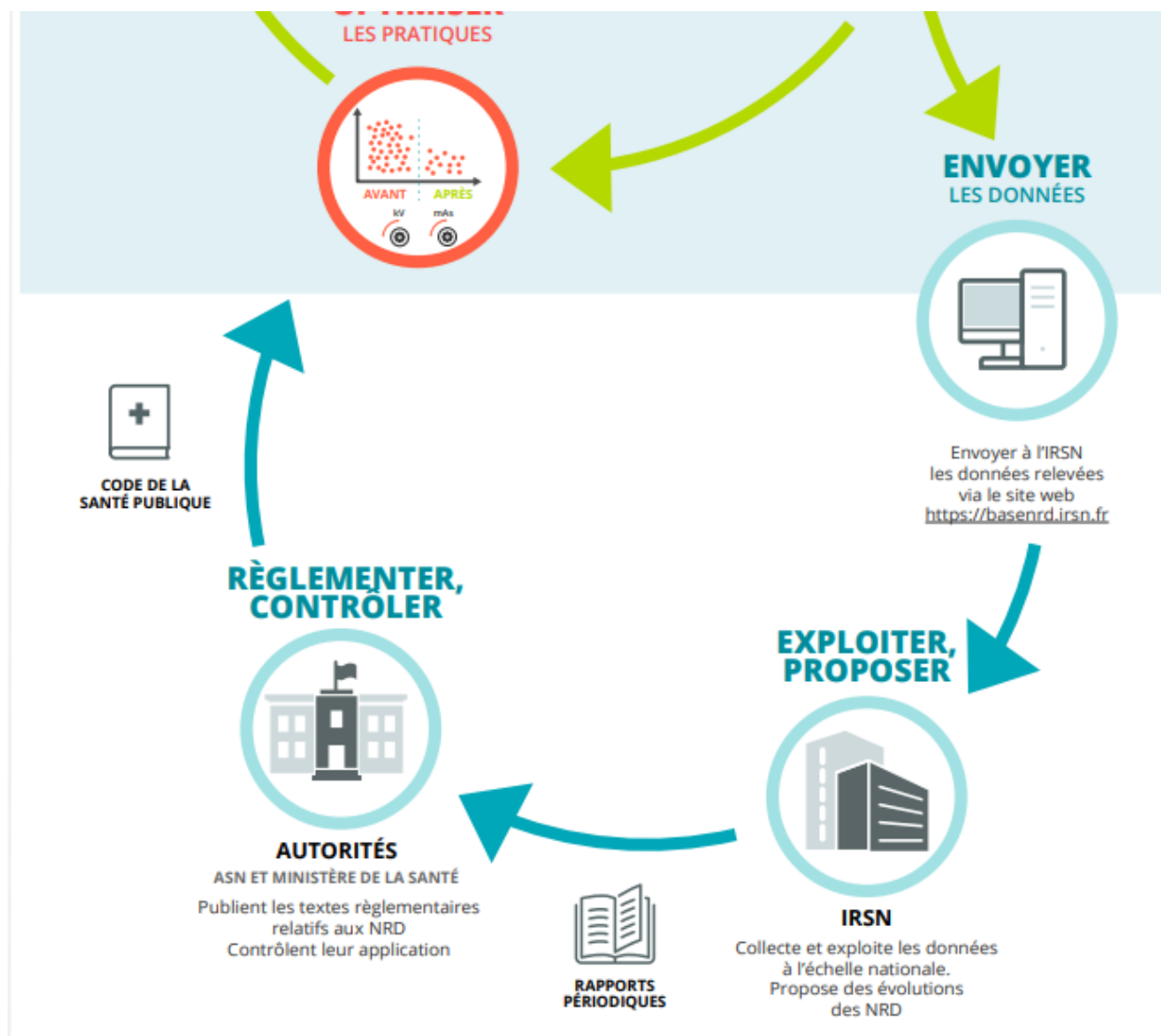
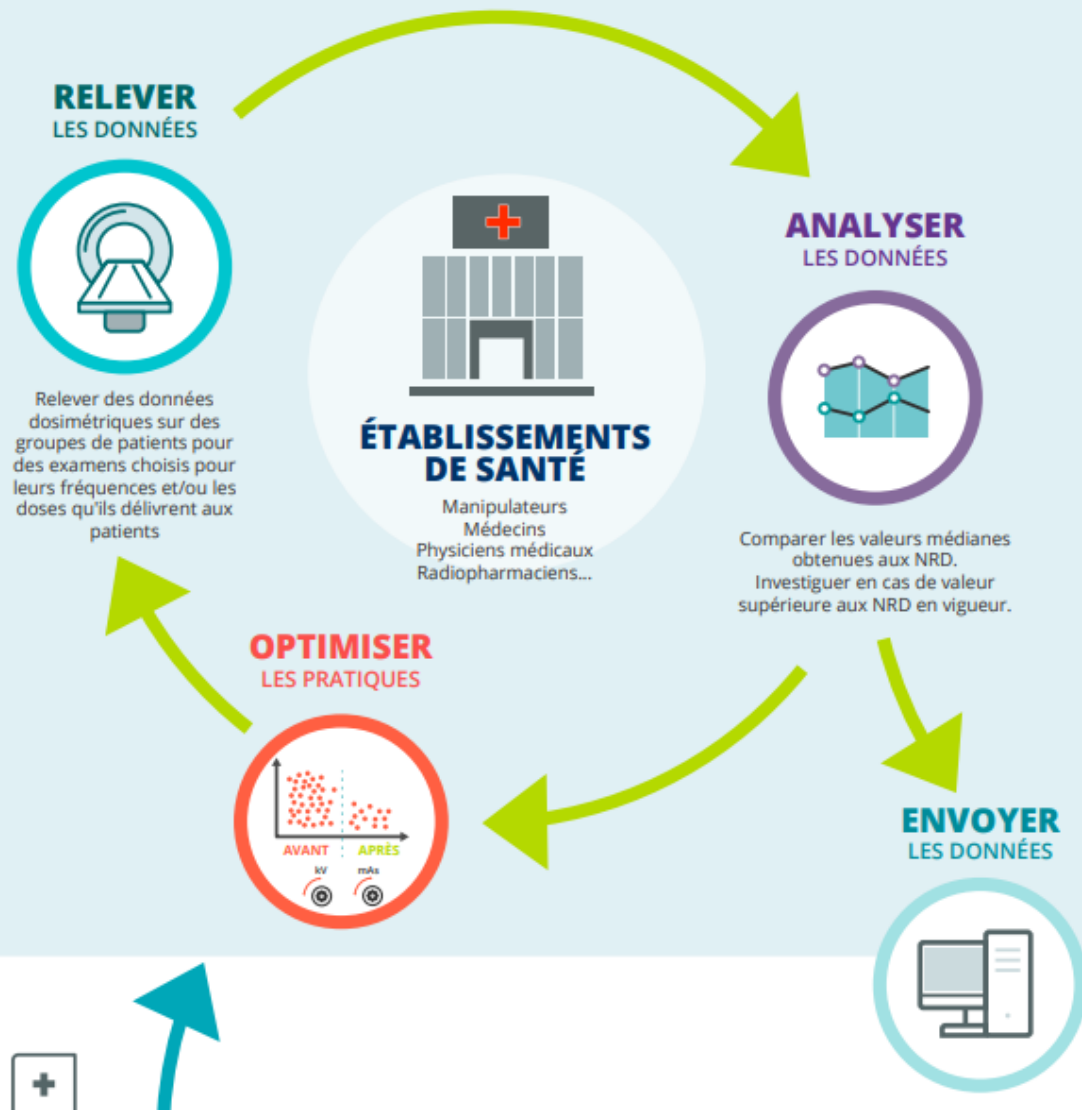
NIVEAUX DE RÉFÉRENCE DIAGNOSTIQUES
ÉVALUER, OPTIMISER ET SUIVRE LES DOSES DÉLIVRÉES
AUX PATIENTS EN IMAGERIE

NIVEAUX DE RÉFÉRENCE DIAGNOSTIQUES

Les niveaux de référence diagnostiques (NRD) aident les professionnels à optimiser l'exposition des patients pour les actes de radiologie conventionnelle et interventionnelle radioguidée, de scanographie et de médecine nucléaire les plus fréquents. Les professionnels peuvent situer leurs pratiques par rapport à des indicateurs nationaux mis à jour régulièrement.

But : Ne pas trop s'écarter des pratiques consensuelles

PRINCIPE DE MISE EN OEUVRE ET DE DÉTERMINATION DES NRD



Tout établissement disposant d'installations d'imagerie médicale doit évaluer ses pratiques chaque année en relevant les doses délivrées à des groupes de patients pour différents types d'actes. Cette obligation réglementaire permet aux professionnels de mettre en œuvre une démarche d'optimisation des doses délivrées et aux pouvoirs publics de mettre à jour les valeurs des NRD.

Messages essentiels du cours

- La radioprotection des patients doit être pensée dans le cadre de la **balance bénéfice/risque**
- **Justification +++, optimisation, ~~limitation~~**
- Minimiser les doses tout en maintenant la **meilleure qualité diagnostique** (*prévention des effets stochastiques*)
- Accepter les effets déterministes quand inévitables, au vu d'un bénéfice pour le patient qui le justifie (radiothérapie, radiologie interventionnelle)
- Ne pas faire perdre de chances aux patients en limitant les examens irradiants

Mentions légales

L'ensemble de ce document relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle. Tous les droits de reproduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.

Ce document est interdit à la vente ou à la location. Sa diffusion, duplication, mise à disposition du public (sous quelque forme ou support que ce soit), mise en réseau, partielles ou totales, sont strictement réservées à l'Université Grenoble Alpes (UGA).

L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits à l'Université Grenoble Alpes (UGA), et non destinée à une utilisation collective, gratuite ou payante.