



Université Lille 2
Droit et Santé

UNIVERSITE DU DROIT ET DE LA SANTE - LILLE 2
FACULTE DE MEDECINE HENRI WAREMBOURG

Année : 2013

N°

**THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE**

**ECHOGRAPHIE CLINIQUE EN MEDECINE D'URGENCE
DANS LE NORD-PAS-DE-CALAIS :
ETAT DES LIEUX, QUELLES FORMATIONS ?**

**Présentée et soutenue publiquement le 2 Décembre 2013 à 16h00,
au Pôle Formation
Par Pierre-Olivier DENOEU**

Jury

Président : Monsieur le Professeur WIEL Eric

Assesseurs : Monsieur le Professeur LEMAITRE Laurent

Monsieur le Professeur HUBERT Hervé

Directeur de Thèse : Monsieur le Docteur ROUYER Frédéric

ABBREVIATIONS

AAA = Anévrisme de l'Aorte Abdominale
ALR = Anesthésie Locorégionale
AUEC = Attestation Universitaire d'Etudes Complémentaires
CCAM = Classification Commune des Actes Médicaux
CESU = Centre d'Enseignement des Soins d'Urgence
CFFE = Centre Francophone de Formation en Echographie
CH = Centre Hospitalier
Cm = Centimètre
CNUMU = Collège National des Universitaires de Médecine d'Urgence
COMU = Collège de Médecine d'Urgence
DES = Diplôme d'Etudes Spécialisées
DESC = Diplôme d'Etudes Spécialisées Complémentaires
DOM-TOM = Départements et Territoires d'Outre-Mer
DPC = Développement Professionnel Continu
DIU = Diplôme Inter Universitaire
EAU = Echographie Appliquée à l'Urgence
E-FAST = FAST étendu
FAST = Focused Assessment with Sonography in Traumas
FMC = Formation Médicale Continue
FN = Faux Négatif
FP = Faux Positif
GHICL = Groupe Hospitalier de l'Institut Catholique de Lille
HAS = Haute Autorité de Santé
ILIS = Institut Lillois d'Ingénierie de la Santé
LPD = Lavage Péritonéale Diagnostique
MU = Médecine d'Urgences
PACA = Provence-Alpes-Côte d'Azur
PREC = Programme Rapide d'Echo-Cardiographie
PREP = Programme Rapide d'Echographie du Polytraumatisé
SAU = Service d'Accueil des Urgences
SFAR = Société Française d'Anesthésie et de Réanimation
SFMU = Société Française de Médecine d'Urgence
SI/SC = Soins Intensifs/Surveillance Continue
SMUR = Service Mobile d'Urgence et de Réanimation
TDM = Tomodensitométrie
T2A = Tarification à l'activité
TVP = Thrombose veineuse profonde
VN = Vrai Négatif
VP = Vrai Positif
VPN = Valeur Prédictive Négative
VPP = Valeur Prédictive Positive
Vs = Versus
VVC = Voie Veineuse Centrale
VVP = Voie Veineuse Périphérique

ICONOGRAPHIES

Tableaux :

- Tableau 1 : Centres hospitaliers pris en compte dans l'étude.
Tableau 2 : Réponses au questionnaire.
Tableau 3 : Taux de répondants au questionnaire.
Tableau 4 : Répartition des équipements intra-hospitaliers dans la région.
Tableau 5 : Répartition des équipements pré-hospitaliers dans la région.
Tableau 6 : Répartition des équipements à venir dans la région.
Tableau 7 : Répartition des urgentistes selon l'existence d'une formation.
Tableau 8 : Répartition géographique des compétences.
Tableau 9 : Répartition des compétences selon la présence d'équipements intra-hospitaliers.
Tableau 10 : Répartition des compétences selon la présence d'équipements pré-hospitaliers.
Tableau 11 : Type de formations selon la présence d'équipements pré-hospitaliers.
Tableau 12 : Répartition des formations suivies par les urgentistes selon leur durée.
Tableau 13 : Répartition des formations suivies par les urgentistes.
Tableau 14 : Les formations en fonction de l'âge.
Tableau 15 : Nombre de formations suivies par les urgentistes selon l'âge.
Tableau 16 : Utilisation de l'échographie selon le mode d'activité.
Tableau 17 : Rythme d'utilisation de l'échographie selon la formation.
Tableau 18 : Ressenti et utilisation de l'échographe par les urgentistes.
Tableau 19 : Utilisation lors de procédures interventionnelles selon la formation.
Tableau 20a : Résultats globaux de l'évaluation initiale (107 participants).
Tableau 20b : Résultats globaux de l'évaluation finale (105 participants).
Tableau 21a : Résultats par cibles de l'évaluation initiale (107 participants).
Tableau 21b : Résultats par cibles de l'évaluation finale (105 participants).
Tableau 22a : Evaluation initiale de l'E-FAST.
Tableau 22b : Evaluation finale de l'E-FAST.
Tableau 23a : Evaluation initiale de la recherche d'épanchement péritonéal.
Tableau 23b : Evaluation finale de la recherche d'épanchement péritonéal.
Tableau 24a : Evaluation initiale de l'épanchement péricardique.
Tableau 24b : Evaluation finale de l'épanchement péricardique.
Tableau 25a : Evaluation initiale de l'AAA.
Tableau 25b : Evaluation finale de l'AAA.
Tableau 26a : Résultats pour la discrimination des images saines pendant l'évaluation initiale.
Tableau 26b : Résultats pour la discrimination des images saines pendant l'évaluation finale.
Tableau 27a : Résultats pour la discrimination des images pathologiques pendant l'évaluation initiale.
Tableau 27b : Résultats pour la discrimination des images pathologiques pendant l'évaluation finale.
Tableau 28 : Résumé des études ayant évalué le FAST.
Tableau 29 : Etude comparative du FAST, radiologue/non radiologue.
Tableau 30 : Récapitulatif des conclusions de l'étude présentée, des résultats globaux du FAST, et des études les plus importantes concernant des experts, des radiologues, et des médecins ayant eu une formation rapide.
Tableau 31 : Comparaison de l'examen échographique réalisé par des radiologues, et des non radiologues.
Tableau 32 : Formation à l'échographie de médecine d'urgences proposée par Neri L, Storti E, Lichtenstein D

Diagrammes :

- Diagramme 1 : Répartition des urgentistes en fonction du sexe.
Diagramme 2 : Répartition des urgentistes selon l'âge.
Diagramme 3 : Répartition des urgentistes selon l'expérience.
Diagramme 4 : Répartition selon le mode d'exercice.
Diagramme 5 : Taux de formation des urgentistes.
Diagramme 6a : Comparaison Sensibilité-Spécificité de l'évaluation initiale.
Diagramme 6b : Comparaison Sensibilité-Spécificité de l'évaluation finale.

Iconographie :

- Iconographie 1 : Le FAST.
Iconographie 2 : L'E-FAST.

Table des matières

I - Contexte	1
II - Matériel et Méthodes.....	4
1 - Etat des lieux de l'équipement et de la formation dans la région Nord-Pas-de-Calais.....	4
A – Matériel.....	4
a - Type d'étude.....	4
b - Population d'étude.....	4
B – Méthode.....	5
2 - Evaluation de la formation sur 2 jours des DESC d'urgences 2 ^{ème} année.....	6
A – Matériel.....	6
a - Type d'étude.....	6
b - Population d'étude.....	6
c - Formateurs.....	7
B - Méthodes.....	7
a - Première phase : l'évaluation initiale.....	7
b - Seconde phase : enseignement théorique et pratique.....	9
c - Troisième phase : l'évaluation finale.....	10
d - Evaluation de la formation.....	10
III – Résultats.....	11
1 - Etat des lieux de l'équipement et de la formation dans la région Nord-Pas-de-Calais... ..	11
A – Exhaustivité des résultats.....	11
B – Informations générales.....	12
C – Equipements.....	14
a – Intra-Hospitaliers.....	14
b – Pré-Hospitaliers.....	15
c – Equipements à venir.....	16
D – Formation des urgentistes.....	17
a – Taux de formation.....	17
b – Répartition urgentistes formés/non formés.....	18
c – Répartition géographique des compétences.....	19

d – Type de formation.....	21
e – Utilisation de l'échographie.....	24
f – Rythme d'utilisation.....	25
g – Intérêt ressenti et utilisation de l'échographie par les urgentistes.....	26
h – Procédures interventionnelles.....	27
2 - Evaluation de la formation sur 2 jours des DESC d'urgences 2ème année.....	28
A - Exhaustivité des résultats.....	28
B - Courbes d'apprentissage global.....	28
C - Courbes d'apprentissage de l'E-FAST.....	31
D - Courbes d'apprentissage de l'épanchement péritonéal.....	33
E - Courbes d'apprentissage de l'épanchement péricardique.....	34
F - Courbes d'apprentissage pour la recherche d'anévrisme de l'aorte abdominale.....	35
G - Comparaison de la discrimination entre images saines et pathologiques.....	37
IV - Discussion.....	39
1 – Démographie du matériel et des compétences.....	39
A – Matériel.....	39
B – Compétences.....	40
a – Intra-hospitalier.....	40
b – Pré-hospitalier.....	41
2 – Pertinence de l'E-FAST.....	43
3 – Limites du FAST.....	49
4 – Evaluation de la détection de l'anévrisme de l'aorte abdominale.....	51
5 – Utilité en pré-hospitalier.....	53
6 – Formation à l'échographie clinique.....	54
A – Contenu de la formation.....	55
B – Formation institutionnelle.....	58
C - Formation rapide.....	59
a – Formations privées.....	60
b – Formation 2 ^{ème} année de DESC.....	61
7 – Perspectives d'avenir.....	61
V - Conclusion.....	64

ANNEXES.....	65
Annexe 1 : Questionnaire destiné aux urgentistes.....	65
BIBLIOGRAPHIE.....	69

I – Contexte

L'échographie est aujourd'hui intégrée à l'éventail des outils diagnostiques en médecine d'urgence pré- et intra-hospitalière, elle s'intègre à l'examen clinique réalisé par l'urgentiste : c'est l'échographie clinique.

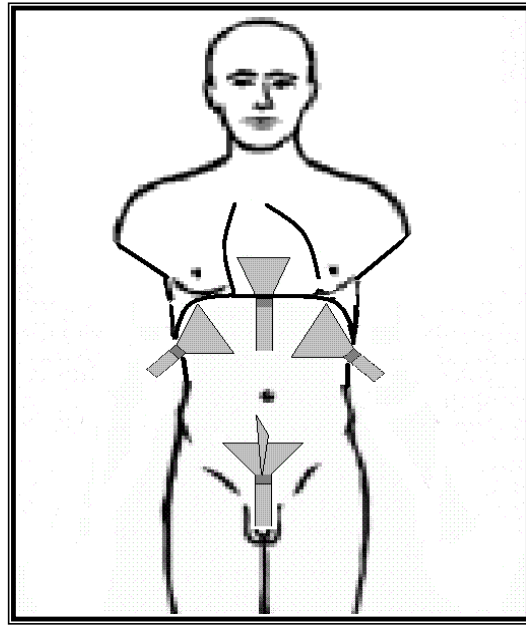
Pour les auteurs américains^{1,2}, puis européens^{3,4} la pratique de l'échographie clinique requiert un niveau de formation minimal dispensé au cours de formations dites « rapides » correspondant à des indications ciblées. Il s'agit d'acquisitions d'images reproductibles dans la pratique clinique quotidienne, et avec peu de variabilité inter et intra-individuelle.

Dans le cadre de la médecine d'urgence, l'échographie clinique permet entre autre de faire un premier bilan lésionnel du patient traumatisé en pré- ou intra-hospitalier, en utilisant le FAST-écho⁵ (Focused Assessment with Sonography in Traumas), qui permet, à l'aide de coupes standardisées sur des cibles échographiques, la détection d'épanchements péritonéaux ou péricardiques.

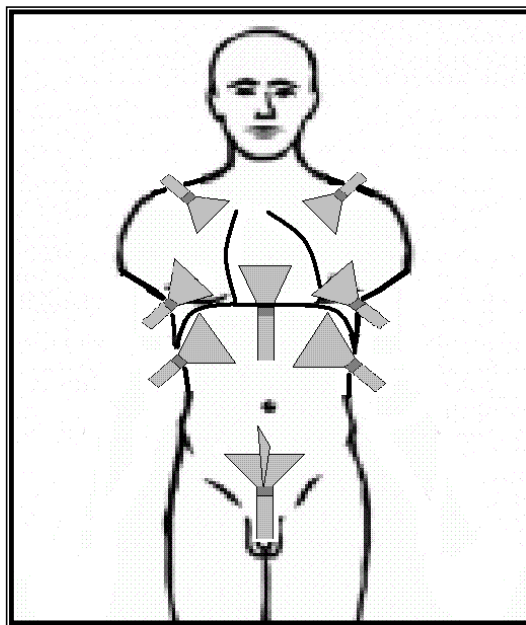
Par extension, l'E-FAST⁶ utilise la même technique de quadrillage et de zones cibles afin d'obtenir des coupes de références :

- une thoracique antéro-supérieure, recherchant un épanchement gazeux,
- une thoracique antéro-inférieure, recherchant un épanchement liquidien,
- quatre abdominales, recherchant un épanchement intra-péritonéal,
- une abdominale sous-xiphoïdienne, ciblant un épanchement péricardique.

Iconographie 1 : Le FAST.



Iconographie 2 : L'E-FAST.



Une partie de ce travail s'attèle à évaluer la formation des urgentistes en échographie dans la région Nord-Pas-de-Calais, ainsi qu'à cartographier les équipements disponibles.

Une seconde partie analyse les performances d'une formation rapide de 2 jours chez de jeunes urgentistes néophytes en échographie.

In fine, nous analyserons le niveau d'équipements des services et les besoins en formations des médecins urgentistes du Nord-Pas-de-Calais et tenterons de proposer des solutions de formations adaptées.

II - Matériel et Méthodes.

1 - Etat des lieux de l'équipement et de la formation dans la région Nord-Pas-de-Calais.

A – Matériel.

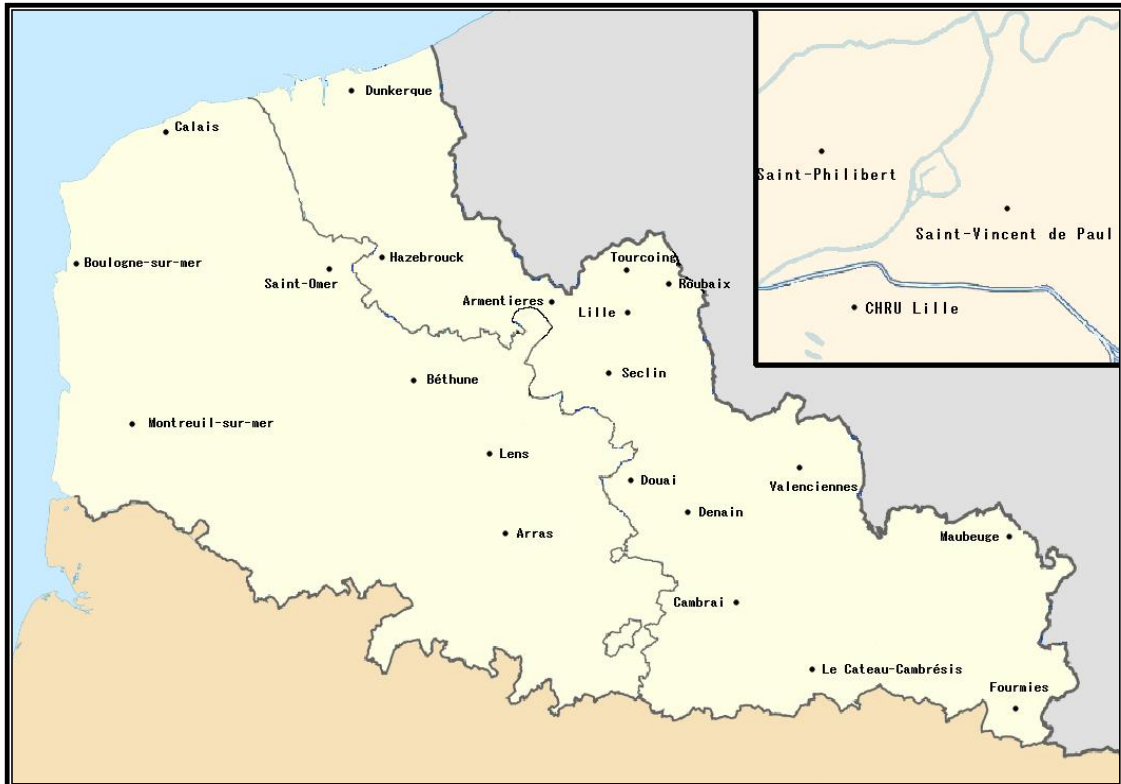
a - Type d'étude.

Il s'agissait d'une étude prospective, évaluant la formation à l'échographie des urgentistes de la région Nord-Pas-de-Calais, l'équipement dont ils disposaient au sein de leurs structures (pré- et/ou intra-hospitalière), et leur ressenti sur l'apport de l'échographie dans le cadre de la médecine d'urgence et de leur pratique quotidienne.

b - Population d'étude.

Cette étude s'adressait à l'ensemble des médecins urgentistes de la région Nord-Pas-de-Calais, exerçant en pré-hospitalier ou en intra-hospitalier (SAU ou SI/SC), dans les 23 centres hospitaliers répertoriés pour l'étude (16 dans le Nord, et 7 dans le Pas-de-Calais), soit 275 médecins concernés.

Tableau 1 : Centres hospitaliers pris en compte dans l'étude.



B – Méthode.

Un questionnaire a été adressé à l'ensemble des médecins urgentistes exerçant dans les centres répertoriés ci-dessus, par voie électronique et avec l'aimable participation du COMU 59-62 et de la collégiale des chefs de service d'urgences du Nord-Pas-de-Calais.

Il comportait quatre items principaux :

- des informations générales (âge, sexe, mode et lieu d'exercice), d'ordre démographique,
- les équipements disponibles,
- la formation reçue,
- le ressenti sur l'intérêt de la pratique de l'échographie en médecine d'urgence.

Le recueil des données a duré 7 semaines, entre le 9 juin et le 28 juillet 2013, permettant de totaliser 107 répondants sur 275 urgentistes.

2 - Evaluation de la formation sur 2 jours des DESC d'urgences 2^{ème} année.

A – Matériel.

a - Type d'étude.

Il s'agissait d'une étude rétrospective, monocentrique, qui évaluait une formation initiale à l'échographie sur un modèle de « formation rapide », sur deux jours, à l'ILIS, réalisée dans le cadre de la formation des médecins inscrits en DESC d'urgence, néophyte en échographie, au cours de leur 2^{ème} année. Cette démarche a débuté en 2010 et l'évaluation portait sur les promotions 2012 et 2013

b - Population d'étude.

Les médecins participant à la formation étaient du DES de médecine générale. Ils étaient inscrits en deuxième année de DESC de médecine d'urgence, et la population analysée est issue des promotions 2012 et 2013 des facultés de Lille, Caen, Amiens et Rouen, constituant le G4.

Leur présence à ce séminaire n'était pas obligatoire dans leur cursus, mais la formation affichait un taux de participation de 100%.

Aucun des participants n'avait la moindre expérience en échographie.

Ils étaient 107 présents lors de l'évaluation initiale, 105 pour l'évaluation finale, 2 ayant quitté prématurément la formation pour raisons personnelles.

c – Formateurs.

La formation théorique et pratique de ces médecins a été conçue et réalisée par des médecins urgentistes diplômés en échographie appliquée à l'urgence (DIU module EAU).

Ils sont considérés dans l'étude comme « experts », validant l'enseignement théorique, puis l'évaluation pratique sur sujets sains.

B – Méthodes.

a - Première phase : l'évaluation initiale.

En début de formation, une série de 10 images d'échographie, montrant la présence ou non d'un épanchement péritonéal, péricardique ou pleural ou d'un anévrisme de l'aorte abdominale, était présentée sur support informatique aux participants.

Un questionnaire était remis à chacun d'entre eux, il comportait pour chaque item, le choix entre la présence ou non d'un épanchement, ou la présence ou non d'un anévrisme de l'aorte abdominale.

Les étudiants avaient, pour chaque image, la localisation anatomique de prise de vue précisée dans un cartouche sur chaque diapositive.

Parmi ces images, cinq des images étaient abdominales (dont trois normales), deux étaient péricardiques (dont une normale), une était pleurale (aucune normale), et deux étaient aortique (dont une normale) (tab.2)

Tableau 2 : Réponses au questionnaire.

Image	Localisation	Anomalie échographique
1	Péritoine	Oui
2	Péricarde	Non
3	Péritoine	Non
4	Péricarde	Oui
5	Péritoine	Oui
6	Aorte	Non
7	Péritoine	Non
8	Péritoine	Non
9	Aorte	Oui
10	Plèvre	Oui

Les questionnaires étaient ensuite ramassés, avant d'être saisis informatiquement et anonymisés.

b - Seconde phase : enseignement théorique et pratique.

Les formateurs exposaient ensuite aux étudiants, avec l'appui d'un support pédagogique informatique, les principes fondamentaux et physiques de bases de l'échographie.

Pendant les 2 journées de formation, chacune des zones échographiques faisait l'objet d'un enseignement théorique de 15 à 30 minutes (cours avec images normales et pathologiques), suivie d'une partie pratique les entraînant à l'acquisition d'une image échographique ciblée, conformément au prérequis de l'apprentissage.

En plus des zones explorées par l'E-FAST, l'enseignement s'étendait à des explorations échographiques secondaires, telles que la vessie et les cavités pyélo-calicielles, la recherche de TVP supra-poplitée, les bases de l'échocardiographie, les stratégies d'exploration du polytraumatisé, l'échoguidage et l'échorepérage.

Ceci leur permettait d'appréhender ce qu'est le concept d'échographie clinique.

A la fin de ces deux journées, les étudiants devaient être capables de réaliser en moins de 5 minutes, l'acquisition des images échographiques de l'E-FAST et d'une image aortique dans les règles enseignées correspondant aux standards de la discipline.

c - Troisième phase : l'évaluation finale.

Au terme des 2 jours de formation, les formateurs évaluaient à nouveau les étudiants, au moyen des 10 images échographiques présentées en début de séminaire.

Les questionnaires étaient ensuite ramassés, avant d'être saisis informatiquement, anonymisés, puis la correction des questionnaires leur était finalement présentée.

d - Evaluation de la formation.

L'évaluation de la formation consistait en la comparaison du taux de réussite au cours des évaluations initiales et finales, chaque item ne proposant que 2 catégories de réponses : présence ou absence d'anomalie.

Nous avons donc regroupé les images par organes (péritoine, péricarde, plèvre, et aorte), chaque groupe pouvant contenir un sous-groupe, images pathologiques et images normales.

L'exploitation des données s'est faite sur tableur Excel® (Microsoft Office), ainsi que l'analyse statistique. Les résultats sont exprimés en valeur absolue ou en pourcentage. Les graphiques sont présentés sous format Word® (Microsoft Office), à partir de l'importation des données venant d'Excel®.

III – Résultats

1 - Etats des lieux de l'équipement et de la formation dans la région Nord-Pas-de-Calais.

A – Exhaustivité des résultats.

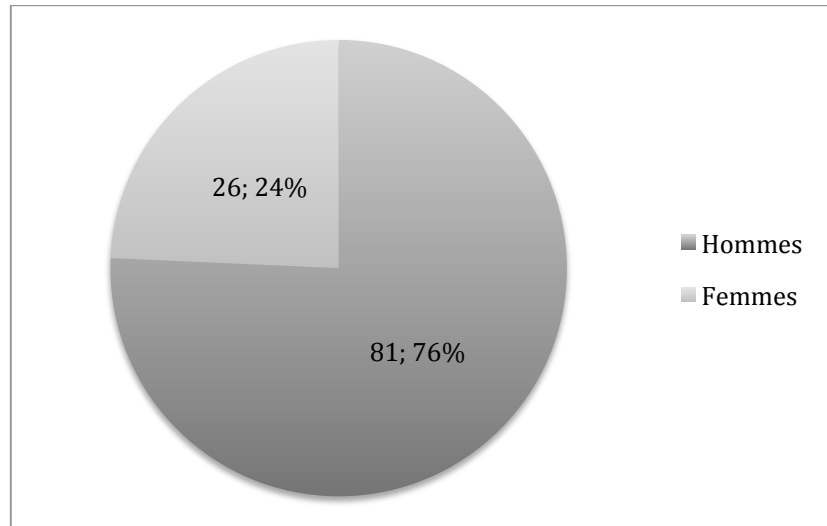
Cent-sept réponses ont été enregistrées, permettant de couvrir les 23 centres hospitaliers visés, avec des taux de réponses allant de 21 à 100 % de répondants selon les CH, et un taux de réponses moyen de 38.9 %, avec une médiane de 4 par centre.

Tableau 3 : Taux de répondants au questionnaire.

	Nombre réponses	Effectif du service	Taux de répondants
Armentières	3	9	33%
Arras	3	14	21%
Béthune	4	9	44%
Boulogne-sur-Mer	3	12	25%
Calais	3	13	23%
Cambrai	8	9	89%
Denain	5	8	62%
Douai	5	15	33%
Dunkerque	12	17	70%
Fourmies	3	9	33%
Hazebrouck	3	6	50%
Le Cateau	1	4	25%
Lens	4	15	31%
Lille (CHRU)	8	35	23%
Maubeuge	4	14	29%
Montreuil sur Mer	2	9	22%
Roubaix	4	13	31%
Saint-Omer	2	8	25%
Saint-Philibert (Lomme)	3	7	43%
Saint-Vincent-de-Paul (Lille)	8	8	100%
Seclin	9	9	100%
Tourcoing	3	13	23%
Valenciennes	7	19	37%
TOTAL	107	275	38,9%

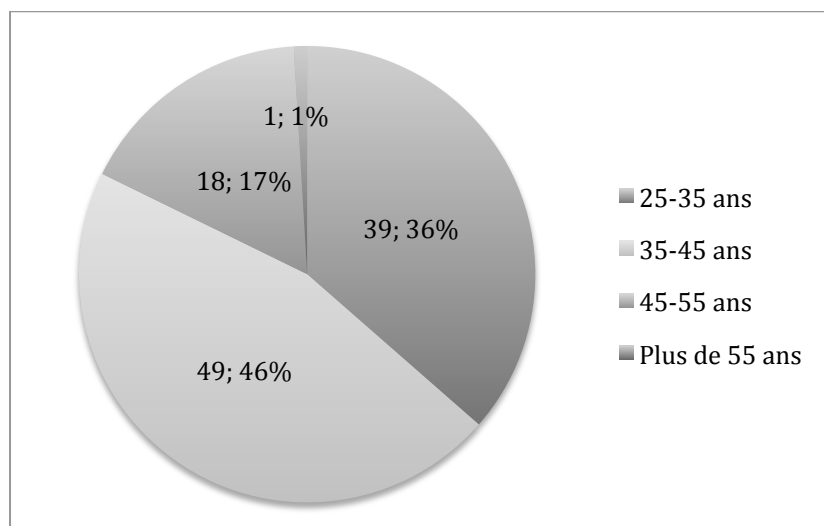
B – Informations générales.

Diagramme 1 : Répartition des urgentistes en fonction du sexe.



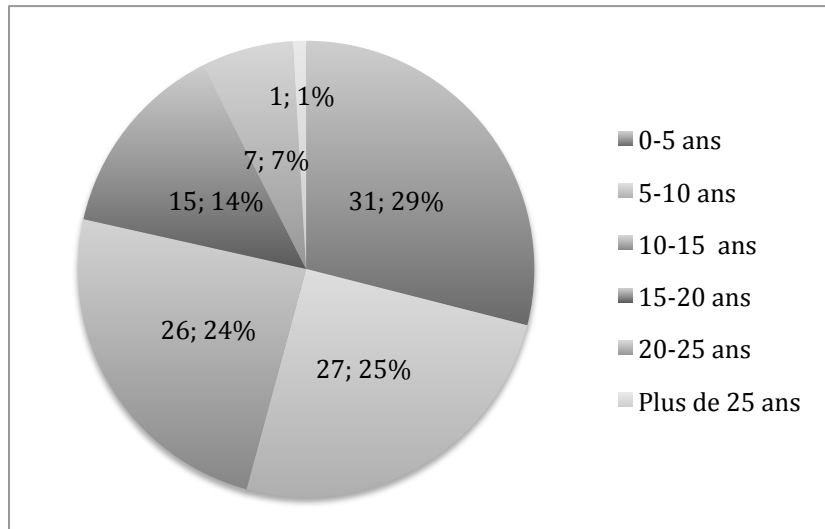
Les trois-quarts de la population étaient de sexe masculin.

Diagramme 2 : Répartition des urgentistes selon l'âge.



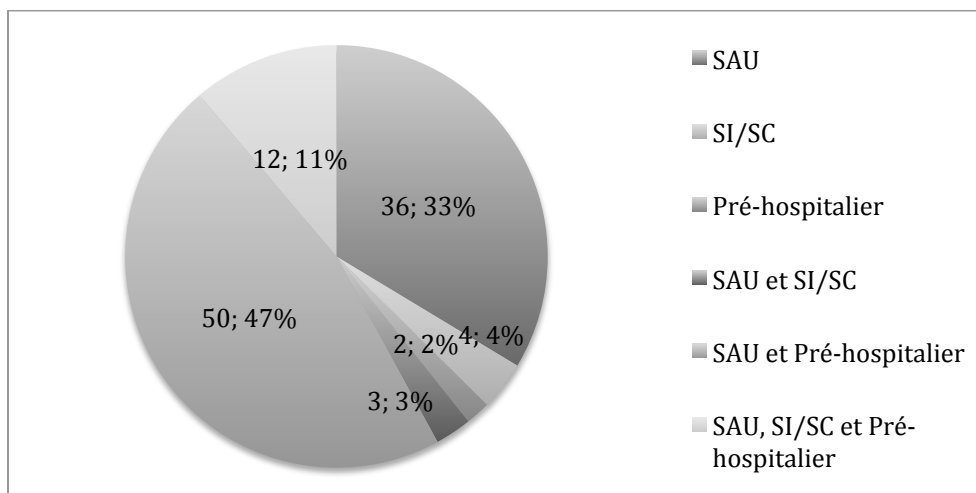
Les moins de 55 ans représentaient 99% des répondants.

Diagramme 3 : Répartition des urgentistes selon l'expérience.



Trente-et-un (29%) avaient moins de 5 ans d'expérience professionnelle en médecine d'urgence.

Diagramme 4 : Répartition selon le mode d'exercice.

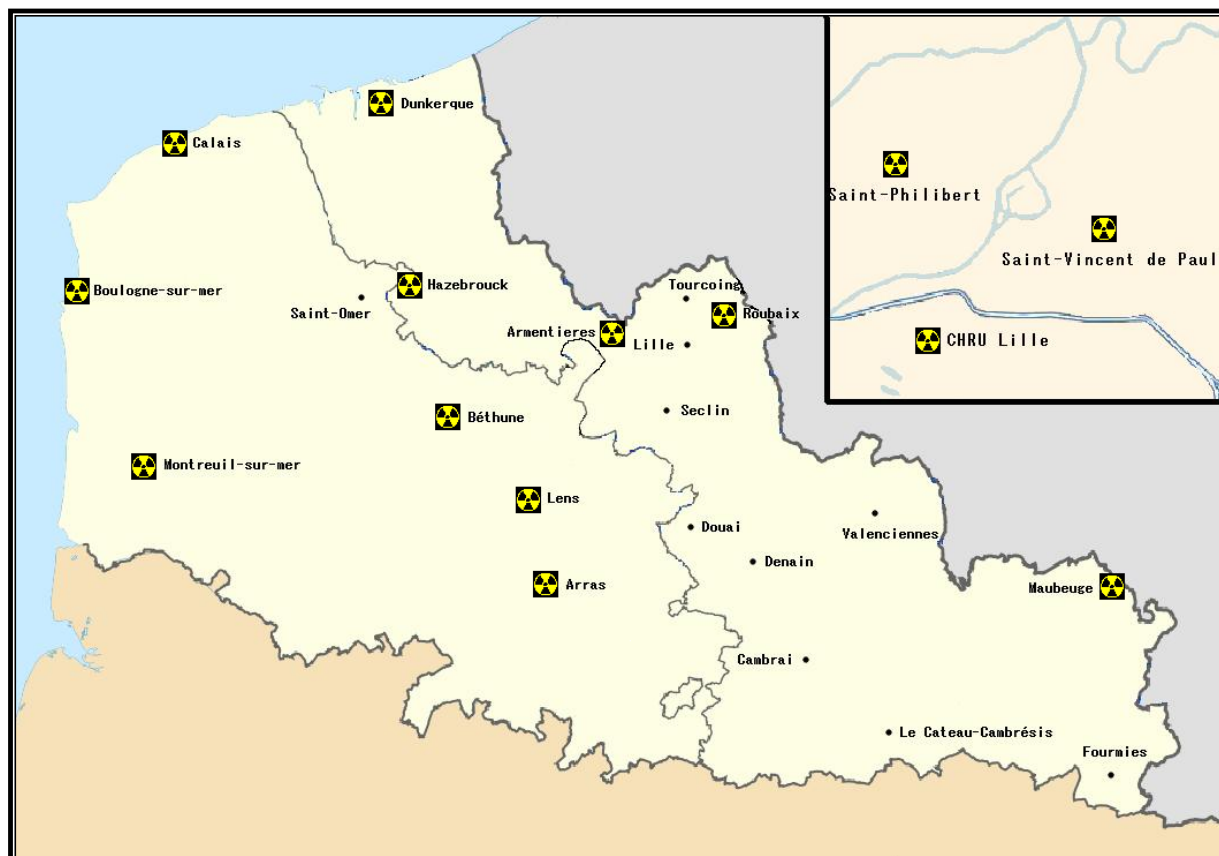


Quarante-quatre praticiens (41%) avaient une activité intra-hospitalière exclusive, deux (2%) avaient une activité pré-hospitalière exclusive, le reste de la population avait une activité professionnelle mixte.

C – Equipements.

a – Intra-Hospitaliers.

Tableau 4 : Répartition des équipements intra-hospitaliers dans la région.

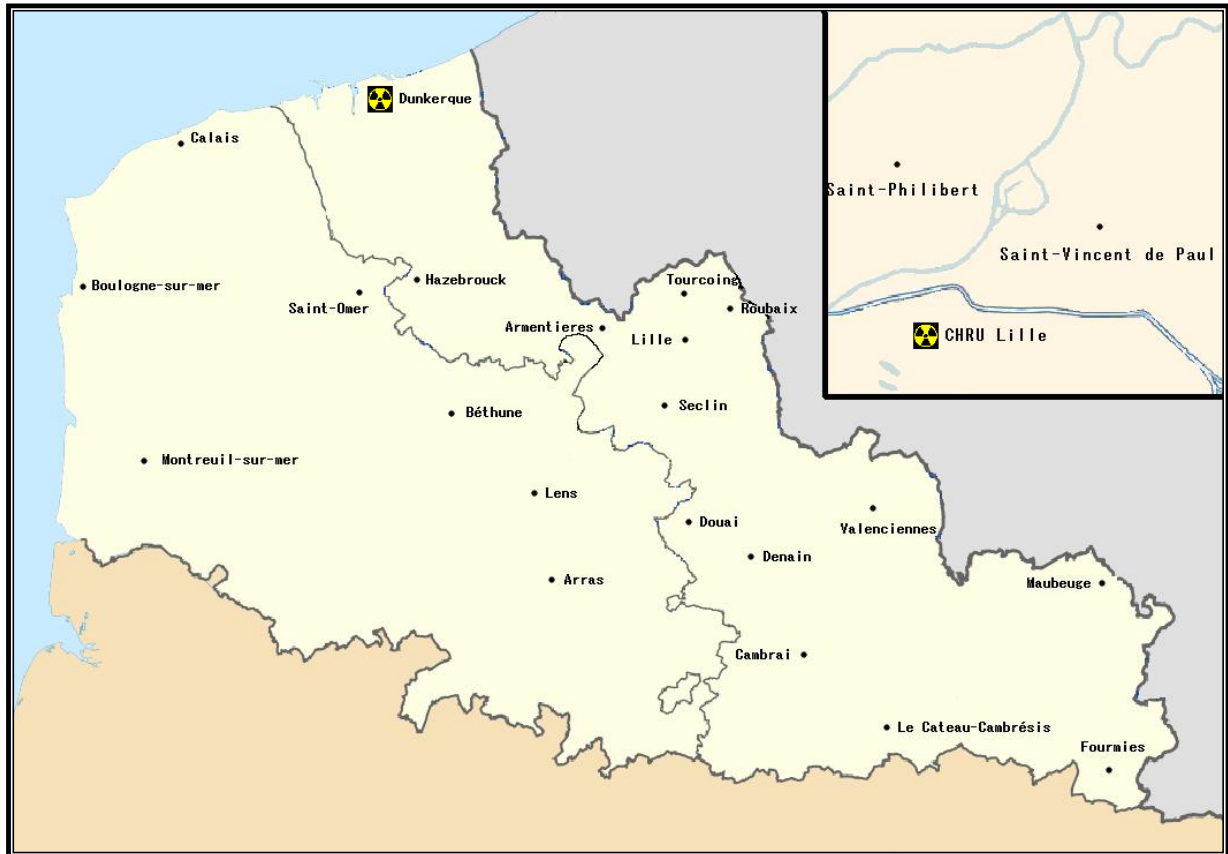


En intra-hospitalier, sur les 23 centres hospitaliers, 14 SAU possèdent un échographe dédié à leur service, dont :

- 6 sur les 7 centres du Pas-de-Calais, tous disposant d'un SMUR,
- 8 sur les 16 centres du Nord, 10 centres disposant d'un SMUR.

b – Pré-Hospitaliers.

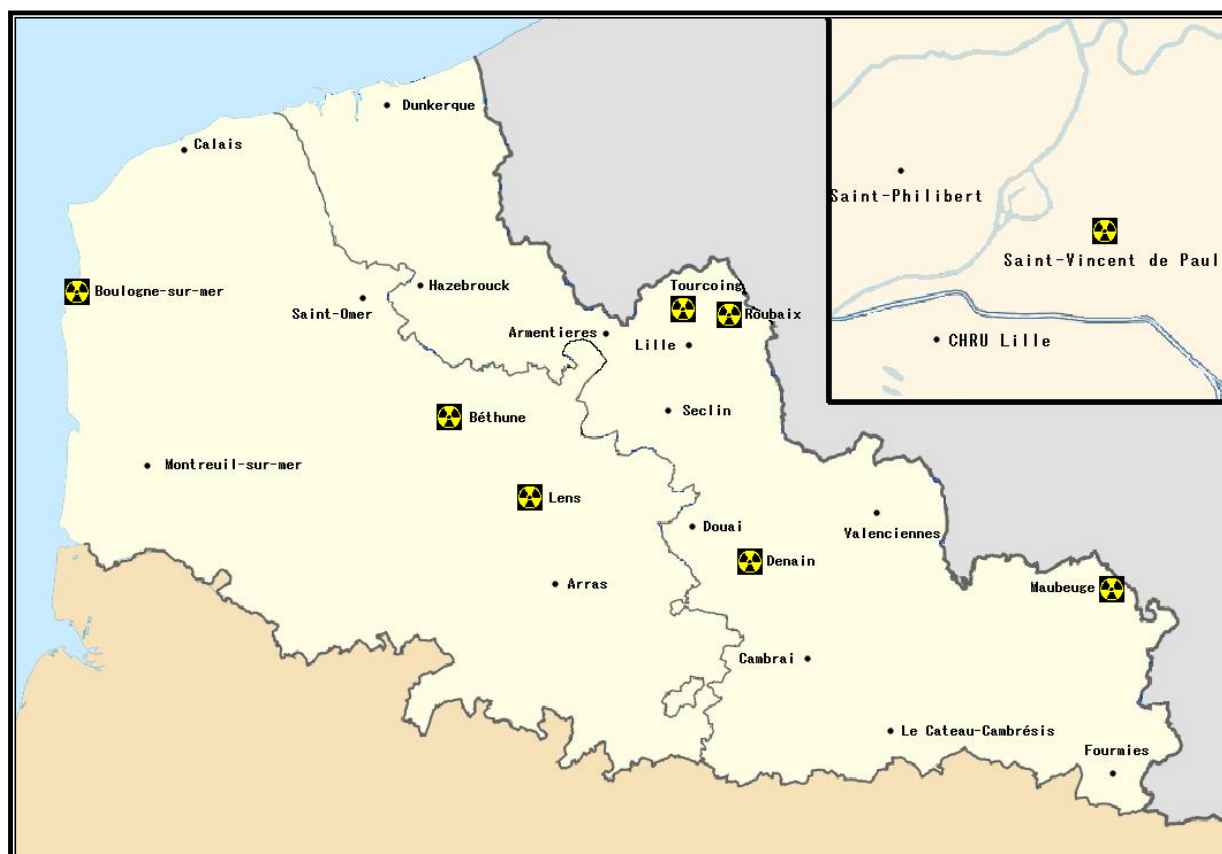
Tableau 5 : Répartition des équipements pré-hospitaliers dans la région.



Seules 2 « antennes » SMUR disposaient d'un équipement portable utilisable en pré-hospitalier.

c – Equipements à venir.

Tableau 6 : Répartition des équipements à venir dans la région.



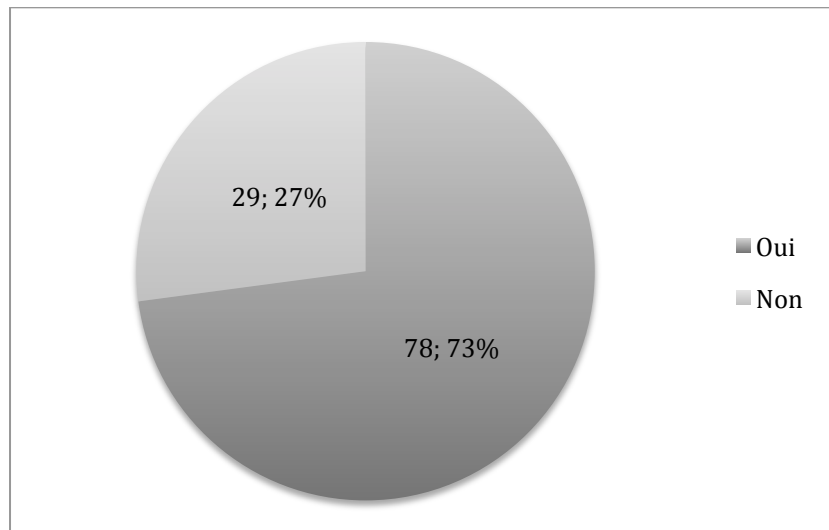
Parmi les 8 centres pour lesquels, des équipements étaient prévus à l’horizon 2015 dans la région, plusieurs cas de figures se présentaient :

- un renforcement de l’équipement pré-existant dans 4 centres : Boulogne-sur-Mer, Béthune, Lens, et Saint-Vincent-de-Paul,
- l’acquisition d’équipement intra-hospitalier dans 3 centres : Denain, Maubeuge et Tourcoing.
- l’acquisition d’équipement pré-hospitalier à Roubaix.

D – Formation des urgentistes.

a – Taux de formation.

Diagramme 5 : Taux de formation des urgentistes.



Parmi les médecins ayant répondu, 3 urgentistes sur 4 déclaraient être formés à l'échographie.

b – Répartition urgentistes formés/non formés.

Tableau 7 : Répartition des urgentistes selon l'existence d'une formation.

		Formés (N=78)	Non formés (N=29)
Sexe	Homme	64	17
	Femme	14	12
Age	25-35	30	9
	35-45	35	14
	45-55	13	5
	Plus de 55	0	1
Expérience	0-5	22	9
	5-10	20	7
	10-15	18	8
	15-20	13	2
	20-25	5	2
	Plus de 25	0	1
Mode d'exercice	SAU	23	13
	SI/SC	2	2
	Pré-hospitalier	1	1
	SAU et SI/SC	2	1
	SAU et pré-hospitalier	38	12
	SAU, SI/SC et pré-hospitalier	12	0

Parmi les urgentistes formés, 83% avaient moins de 45ans (65/78), 3 urgentistes sur 4 avaient moins de 15 ans d'expérience professionnelle (60/78), et près d'1 urgentiste sur 2 possédaient une activité mixte (38/78).

La tendance concernant les non formés est sensiblement identique, avec 79% de moins de 45 ans (23/29), 83% avec moins de 15 ans d'expérience (24/29), mais près d'un urgentiste sur deux avait une activité exclusive en SAU.

A noter que 46% des urgentistes de sexe féminin n'étaient pas formés à l'échographie (12/26), contre 21% de sexe masculin.

c – Répartition géographique des compétences.

Tableau 8 : Répartition géographique des compétences.

		Formés	Non formés
Armentières	☢	2	1
Arras	☢	3	0
Béthune	☢	4	0
Boulogne-sur-Mer	☢	2	1
Calais	☢	3	0
Cambrai		4	4
Denain		4	1
Douai		4	1
Dunkerque	☢	12	0
Fourmies		2	1
Hazebrouck	☢	1	2
Le Cateau		1	0
Lens	☢	3	1
Lille (CHRU)	☢	5	3
Maubeuge	☢	3	1
Montreuil sur Mer	☢	2	0
Roubaix	☢	3	1
Saint-Omer		2	0
Saint-Philibert (Lomme)	☢	2	1
Saint-Vincent-de-Paul (Lille)	☢	6	2
Seclin		4	5
Tourcoing		2	1
Valenciennes	☢	4	3

La médiane de médecins formés dans les centres répondeurs était de 3, de 4 dans les centres équipés, et de 8 dans ceux disposant d'un SMUR équipé (Lille et Dunkerque).

Ainsi, on pouvait établir la répartition suivante.

Tableau 9 : Répartition des compétences selon la présence d'équipements intra-hospitaliers.

	Nombre de centres hospitaliers	Effectifs	Formés	Non formés
Centres non équipés	9	38	25	13
		100%	66%	34%
Centres équipés	14	69	53	16
		100%	77%	23%

Un urgentiste sur 4 exerçant dans un centre équipé, n'était pas formé à l'utilisation d'un échographe,

Deux urgentistes sur 3 formés à l'échographie, exerçaient dans un service d'urgence non équipé.

Tableau 10 : Répartition des compétences selon la présence d'équipements pré-hospitaliers.

	Equipes	Effectifs	Formés	Non formés
SMUR non équipé	14	49	36	13
		100%	74%	26%
SMUR équipé	2	20	17	3
		100%	85%	15%

Parmi les médecins exerçant dans des SMUR équipés, le taux de formation atteignait 85%, contre 74% pour ceux qui n'étaient pas équipés.

Tableau 11 : Type de formation selon la présence d'équipements pré-hospitaliers.

	Universitaire	Mixte	Privée	Nombre
SMUR non équipé	12	8	16	36
	33%	22%	45%	100%
SMUR équipé	2	4	11	17
	12%	24%	64%	100%

Quatre-vingt-huit pour cent des urgentistes exerçant en SMUR ont suivi au moins une formation dans des organismes privés.

d – Type de formation.

Tableau 12 : Répartition des formations suivies par les urgentistes selon leur durée.

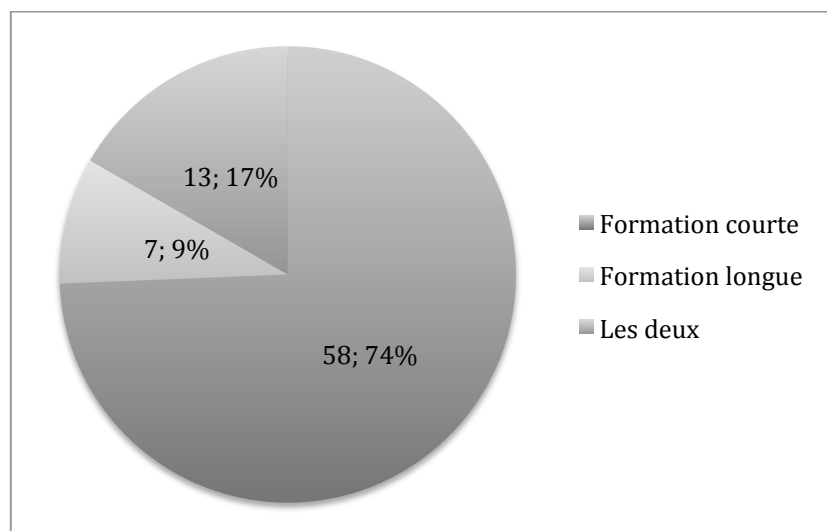
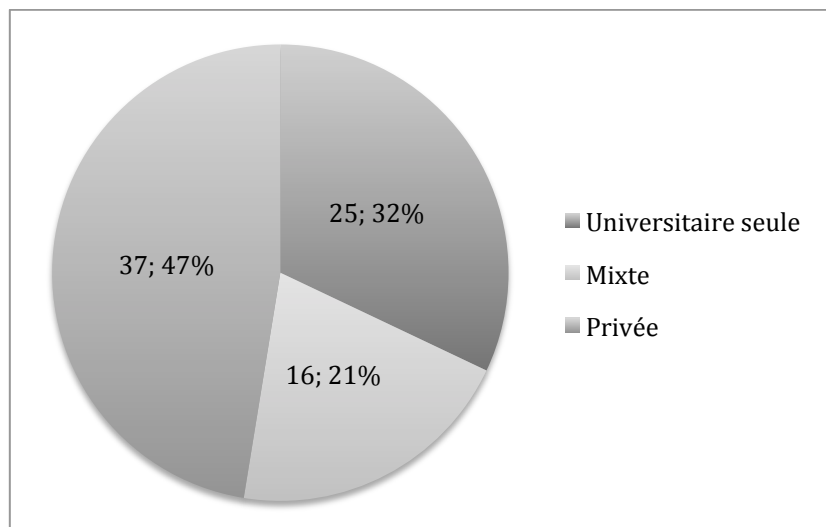


Tableau 13 : Répartition des formations suivies par les urgentistes.



Trois urgentistes sur 4 ont bénéficié d'une formation courte exclusive, et deux urgentistes sur trois, au moins d'une formation privée.

Parmi les diplômés du DIU module EAU, 11 sur 12 avaient bénéficié d'une formation privée auparavant.

Tableau 14 : Les formations en fonction de l'âge.

		25-35	35-45	45-55	> 55
Universitaires	DIU module EAU	5	4	3	0
	AUEC Echocardiographie	0	7	3	0
Institutionnelles	PREC	0	2	3	0
	PREP	4	23	8	0
	Congrès	7	9	3	0
	Autres formation	2	1	1	0
Courte	DESC 2ème année	22	2	0	0

Le PREP a intéressé 35 urgentistes, dont 23 dans la tranche d'âge 35-45 ans.

Le séminaire de DESC concernait 24 réponders, soit un tiers des formés.

Tableau 15 : Nombre de formations suivies par les urgentistes selon l'âge.

		25-35 (N=30)	35-45 (N=35)	45-55 (N=13)	> 55 (N=0)
Nombre de formation	1	26	22	8	0
	2 et plus	4	13	5	0

Cinquante-six médecins (72%) n'ont assisté qu'à une formation, vingt-deux ayant assisté à plus de deux formations.

e – Utilisation de l'échographie.

Tableau 16 : Utilisation de l'échographie selon le mode d'activité.

	Formés (N=78)		Non formés (N=29)		TOTAL (N=107)	
Intra-hospitalier	64	82%	15	52%	79	74%
Pré-hospitalier	4	5%	0	0%	4	4%
Les deux	3	4%	1	3%	4	4%
Aucun intérêt	7	9%	13	45%	20	18%

Au total, ce sont 87 urgentistes qui utilisaient l'échographie, intra et pré-hospitalier confondus, parmi lesquels 71 étaient formés à l'échographie, soit 82%.

Parmi les urgentistes déclarant que l'échographie n'a pas d'intérêt, deux sur trois ne sont pas formés.

A noter que 52% des urgentistes qui n'étaient pas formés à l'échographie, utilisaient cet outil dans le cadre de leur activité qui est intra-hospitalière.

f – Rythme d'utilisation.

Tableau 17 : Rythme d'utilisation de l'échographie selon la formation.

	Formés (N=78)		Non formés (N=29)		TOTAL	
quotidienne (1/jour)	15	19%	3	10%	18	17%
hebdomadaire (moins de 5/semaine)	19	24%	1	3%	20	19%
mensuelle (quelques-unes par mois)	18	23%	5	17%	23	21%
rare ou jamais	26	34%	20	70%	46	43%

Dans la population formée, 34 urgentistes (43%) utilisaient régulièrement leur compétence.

Parmi les 26 urgentistes formés (34%), qui n'utilisaient que rarement voire jamais l'échographe, 14 disposent d'un échographe (54%) au sein de leur établissement.

On constate cependant que 4 personnes non formées utilisaient régulièrement un échographe.

g – Intérêt ressenti et utilisation de l'échographie par les urgentistes.

Tableau 18 : Ressenti et utilisation de l'échographe par les urgentistes.

	Formés (N=78)	Non formés (N=29)
Utilisation d'algorithmes décisionnels (type EAU)?	30% (N=24)	10% (N=3)
Modification de l'orientation des patients?	74% (N=58)	35% (N=10)
Amélioration du flux de patients?	53% (N=41)	21% (N=6)
Accélération de la prise en charge?	68% (N=53)	31% (N=9)
Diminution du recours aux examens complémentaires?	28% (N=22)	7% (N=2)
Diminution du recours aux spécialistes?	32% (N=25)	0% (N=0)
Utilisation pour des procédures interventionnelles?	67% (N=52)	21% (N=6)

Bien que 30% des urgentistes formés utilisaient des algorithmes décisionnels intégrant l'échographie, 74% d'entre eux pensaient que l'échographie modifie l'orientation des patients, et 68% qu'elle accélère la prise en charge.

Cependant, ils s'accordaient sur le fait qu'elle ne remplace ni les examens complémentaires (28%), ni le recours aux spécialistes (32%), et que, cet outil est bien perçu comme un prolongement de leur examen clinique.

Deux urgentistes sur trois voient l'échographe comme une aide à la réalisation de procédures interventionnelles.

h – Procédures interventionnelles.

Tableau 19 : Utilisation lors de procédures interventionnelles selon la formation.

	Formés (N=52)	Non formés (N=6)	TOTAL (N=58)
VVC	45	6	51
VVP	6	0	6
ALR	6	0	6
Ponctions	39	6	45

Parmi les urgentistes utilisant l'échographie pour des procédures interventionnelles, 88% l'utilisaient pour la pose de VVC et 78% pour la réalisation de ponctions.

La pose de VVP, ou la réalisation d'ALR, ne concernaient que 10% des utilisateurs.

2 - Evaluation de la formation sur 2 jours des DESC d'urgences **2^{ème} année.**

Cent-sept médecins avaient pris part à l'évaluation initiale, ainsi qu'à la formation théorique et pratique, tous vierge d'expérience en échographie.

A - Exhaustivité des résultats.

Sur ces cent-sept médecins, seuls deux n'avaient pas participé à l'évaluation finale pour des raisons personnelles (étudiants venus de Caen), mais tous avaient reçu la formation théorique et pratique.

Tous étaient invités à suivre cette formation dans le cadre de leur 2^{ème} année de DESC de médecine d'urgence.

B - Courbes d'apprentissage global.

Toutes cibles échographiques confondues, le nombre d'erreurs au test était nettement inférieur après la formation théorique et pratique. En effet, sur un ensemble de 107 lots de 10 images (soit 1070 images), on relevait seulement 696 bonnes réponses, soit un taux d'échec global de 35% (tableau 20a). Après formation, le taux d'échec global chutait à 7.6% (tableau 20b).

Tableau 20a : Résultats globaux de l'évaluation initiale (107 participants).

N=107	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Bonnes réponses	44	34	87	87	83	54	68	59	90	90
	41%	32%	81%	81%	78%	50%	64%	55%	84%	84%

	TOTAL
N	1070
Bonnes réponses	696
	65%

Tableau 20b : Résultats globaux de l'évaluation finale (105 participants).

N=105	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Bonnes réponses	83	80	102	104	104	102	93	97	103	103
	79%	76%	97%	99%	99%	97%	89%	92%	98%	98%

	TOTAL
N	1050
Bonnes réponses	971
	92,4%

Globalement, la tendance des résultats pour chaque cible échographique se trouvait améliorée :

- 69 vs 90% de bonnes réponses pour le péritoine,
- 57 vs 86% pour le péricarde,
- 67 vs 96% pour l'aorte,
- 84 vs 96% pour la plèvre.

Tableau 21a : Résultats par cibles de l'évaluation initiale (107 participants).

Cibles	Péritoine	Péricarde	Aorte	Plèvre
Nombre réponses	535	214	214	107
Bonnes réponses	371	121	144	90
	69%	57%	67%	84%

Tableau 21b : Résultats par cibles de l'évaluation finale (105 participants).

Cibles	Péritoine	Péricarde	Aorte	Plèvre
Nombre réponses	535	214	214	107
Bonnes réponses	479	184	205	103
	90%	86%	96%	96%

C - Courbes d'apprentissage de l'E-FAST.

Les items péricarde, péritoine et plèvre ont été scindés en trois items distincts afin d'améliorer la lecture des résultats : l'E-FAST étant considéré dans l'étude présente comme la somme de ces trois items (tab. 22a et 22b).

Nous avons regroupé :

- les questions 1, 3, 5, 7, et 8, étudiant le péritoine,
- les questions 2 et 4 étudiant le péricarde,
- la question 10 étudiant la plèvre.

Parmi ces questions, 2 catégories sont distinguées :

- celles montrant un épanchement : 1, 4, 5 et 10,
- celles normales : 2, 3, 7 et 8.

Les questions 6 et 9 étudiant l'aorte ci-après.

On pouvait déterminer statistiquement une sensibilité, une spécificité, une VPP, et une VPN de l'E-FAST, lors de l'évaluation initiale puis finale.

On constatait que la lecture d'images échographiques type E-FAST par les non-initiés, ne retrouvait qu'une sensibilité globale de 0,63, et une spécificité globale de 0,67 (tableau 22a).

Tableau 22a : Evaluation initiale de l'E-FAST.

N=107	VP	FP	VN	FN	Sen	Spé	VPP	VPN
Valeur	304	124	248	180	0,63	0,67	0,71	0,58

Après une formation courte, la sensibilité atteignait 0,89, avec une spécificité de 0,94, une VPP de 0,94 et une VPN de 0,89 (tableau 22b).

Tableau 22b : Evaluation finale de l'E-FAST.

N=105	VP	FP	VN	FN	Sen	Spé	VPP	VPN
Valeur	394	26	372	48	0,89	0,94	0,94	0,89

D - Courbes d'apprentissage de l'épanchement péritonéal.

Les questions 1, 3, 5, 7, et 8 concernaient la recherche d'un épanchement péritonéal : seules les questions 1 et 3 montraient cette anomalie.

Ainsi, avant la formation, la sensibilité globale étaient de 0,64, avec une spécificité de 0,62 (tableau 23a).

Tableau 23a : Evaluation initiale de la recherche d'épanchement péritonéal.

N=214	VP	FP	VN	FN	Sen	Spé	VPP	VPN
Valeur	127	87	143	71	0,64	0,62	0,59	0,67

Après la formation, le diagnostic d'épanchement péritonéal avait une sensibilité de 0,93, et une spécificité de 0,89 (tableau 23b).

Tableau 23b : Evaluation finale de la recherche d'épanchement péritonéal.

N=210	VP	FP	VN	FN	Sen	Spé	VPP	VPN
Valeur	187	27	195	19	0,93	0,89	0,89	0,93

E - Courbes d'apprentissage de l'épanchement péricardique.

Les questions 2 et 4 portaient sur la recherche d'un épanchement péricardique, et seule l'image 4 montre cette anomalie.

Avant la formation, la sensibilité était de 0,54, et une VPN de 0,32 (tab.24a).

Tableau 24a : Evaluation initiale de l'épanchement péricardique.

N=107	VP	FP	VN	FN	Sen	Spé	VPP	VPN
Valeur	87	20	34	73	0,54	0,63	0,81	0,32

Après formation, la VPP était de 0,99, et la spécificité de 0,99 (tab.24b).

Tableau 24b : Evaluation finale de l'épanchement péricardique.

N=105	VP	FP	VN	FN	Sen	Spé	VPP	VPN
Valeur	104	1	80	25	0,81	0,99	0,99	0,76

F - Courbes d'apprentissage pour la recherche d'anévrisme de l'aorte abdominale.

Les questions 6 et 9 se rapportaient à la présence ou non d'un anévrisme de l'aorte abdominale.

Ainsi, la question 6 ne montrait pas d'anomalies, contrairement à la question 9.

Avant la formation la sensibilité était de 0,63 et la VPN de 0,50 (tab.25a).

Tableau 25a : Evaluation initiale de l'AAA.

N=107	VP	FP	VN	FN	Sen	Spé	VPP	VPN
Valeur	90	17	54	53	0,63	0,76	0,84	0.50

Par contre, après formation, on retrouvait une sensibilité de 0.97, une spécificité de 0.98, une VPP de 0.98 et une VPN de 0.97 (tab.25b).

Tableau 25b : Evaluation finale de l'AAA.

N=105	VP	FP	VN	FN	Sen	Spé	VPP	VPN
Valeur	103	2	102	3	0,97	0,98	0,98	0,97

Diagramme 6a : Comparaison Sensibilité-Spécificité de l'évaluation initiale.

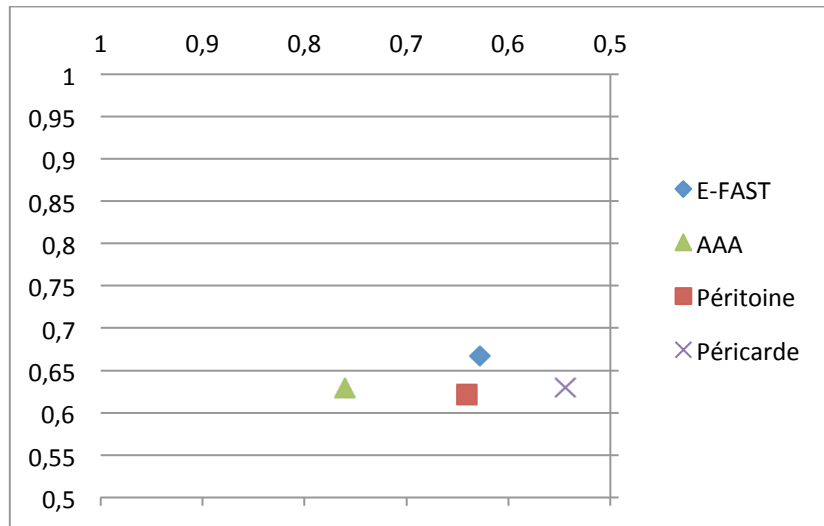
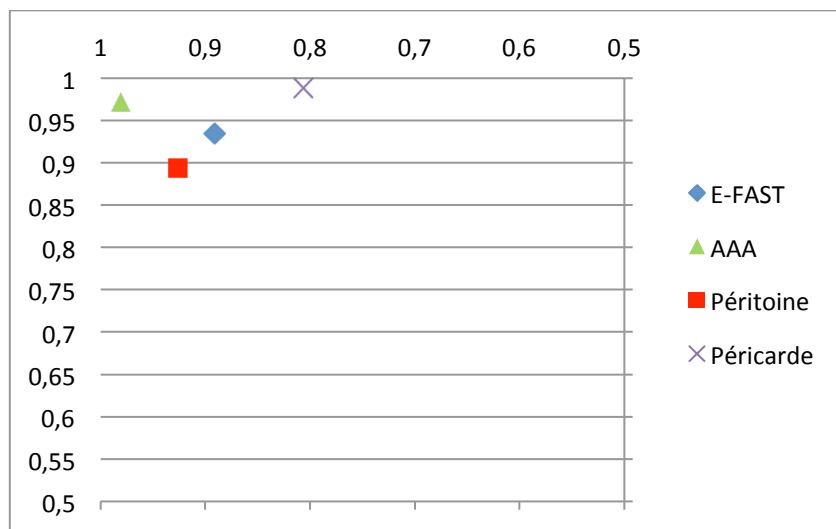


Diagramme 6b : Comparaison Sensibilité-Spécificité de l'évaluation finale.



Les tableaux 6a et 6b permettent de comparer visuellement les résultats en termes de sensibilité et de spécificité de l'E-FAST, ainsi que deux de ses composants (la recherche d'épanchement péritonéal et péricardique), et la recherche d'AAA.

G - Comparaison de la discrimination entre images saines et pathologiques.

Nous avons rapporté dans les tableaux 26 et 27, en séparant images normales (26) et pathologiques (27), le taux de bonnes réponses pour chaque item (E-FAST et AAA), initialement, et en fin de formation.

Tableau 26a : Résultats pour la discrimination des images saines pendant l'évaluation initiale.

	N (5 images)	E-FAST (4 images)	Aorte (1 image)
Nombre de réponses recueillies	535	428	107
Réponses correctes (107 participants)	302	248	54
	56%	58%	50%

Tableau 26b : Résultats pour la discrimination des images saines pendant l'évaluation finale.

	N (5 images)	E-FAST (4 images)	Aorte (1 image)
Nombre de réponses recueillies	525	420	105
Réponses correctes (105 participants)	474	372	102
	90%	89%	97%

Dans la discrimination d'images saines après formation, on montrait un taux de bonnes réponses de 89% pour la cible E-FAST, et 97% pour la cible AAA.

Tableau 27a : Résultats pour la discrimination des images pathologiques pendant l'évaluation initiale.

	N (5 images)	E-FAST (4 images)	Aorte (1 image)
Nombre de réponses recueillies	535	428	107
Réponses correctes (107 participants)	394	304	90
	74%	71%	84%

Tableau 27b : Résultats pour la discrimination des images pathologiques pendant l'évaluation finale.

	N (5 images)	E-FAST (4 images)	Aorte (1 image)
Nombre de réponses recueillies	525	420	105
Réponses correctes (105 participants)	497	394	103
	95%	94%	98%

Dans la discrimination d'images pathologiques après formation, on montrait un taux de bonnes réponses de 94% pour la cible E-FAST et 98% pour la cible AAA.

IV - Discussion

1 – Démographie du matériel et des compétences.

A – Matériel.

Le taux de réponses des centres hospitaliers publics et GHICL de la région est de 100%, c'est-à-dire qu'au moins un médecin urgentiste a complété le questionnaire parmi les 23 centres contactés, permettant une appréciation exhaustive en terme d'équipement.

Actuellement, en intra-hospitalier, 14 centres sur les 23 (61%) disposent d'au moins un échographe au sein de leur SAU, et seulement 2 sur les 16 (12.5%) disposant d'une équipe mobile, possèdent un échographe portable.

A l'horizon 2015, le taux de service d'urgence équipé atteindra 17 des 23 centres de la région, soit 74%, et 3 des 16 équipes mobiles de la région soit 19%.

Aujourd'hui, deux urgentistes sur 3 formés à l'échographie, exerce dans un service d'urgence non équipé.

Lors d'une étude sur le territoire national menée en 2011⁷, 440 services d'urgences ont été sondés, rapportant 327 réponses (74% de répondants), dont 171 affirmaient posséder un appareil échographique au sein de leur service, soit 52% des services d'urgence français.

L'achat d'un échographe représente un coût non négligeable pour un SAU ou un SMUR, avec un prix moyen de 40 000 euros pour un échographe adapté à l'urgence équipé de

trois sondes (une linéaire, une convexe, et une cardiaque), sans entrer dans les détails des consommables et de la maintenance.

C'est donc un budget conséquent, n'ayant pas de retombée directe d'ordre économique en terme de tarification à l'activité (T2A), car l'échographie clinique n'est pas un acte de la CCAM.

La justification d'un tel achat s'appuie donc sur des arguments purement organisationnels et qualitatifs :

- l'amélioration des flux des patients (58%),
- l'amélioration de l'orientation des patients (74%),
- l'accélération de la prise en charge des patients (68%),
- l'aide aux procédures (67%) et sécurité des gestes interventionnels, tel que l'échoguidage des accès veineux centraux, recommandés par la SFAR⁸, afin de limiter les complications et le taux d'échec.

B – Compétences.

a – Intra-hospitalier.

Cent-sept médecins urgentistes ont participé à notre enquête, ce qui correspond à 38.9% des effectifs de la région.

Sur l'ensemble des centres, la médiane des médecins formés est de 3.

Les centres disposant d'un échographe au nombre de 14, possède de 1 à 12 médecins formés, avec une médiane de 4 médecins formés par centre.

Les centres dépourvus d'équipement possèdent aussi un personnel formé, de 1 à 4 médecins, avec une médiane de 3 médecins formés par centres non équipés, et donc 66% des médecins formés exercent actuellement dans un service dépourvu de matériel.

Ces résultats sont tout à fait superposables à l'étude nationale menée en 2011⁷, la médiane des médecins formés est de 3 dans les services répondeurs, et de 5 dans les services équipés.

La formation privée concerne 71% des urgentistes répondeurs français.

Nous retrouvons aussi une part non négligeable de ces formations pour 68% des urgentistes répondeurs qui ont au moins suivi une formation dans le privé, la part universitaire seule ne représentant que 20% des répondeurs, dont 96% (24 répondeurs sur 25) ont suivi une formation au cours de leur 2^{ème} année de DESC de Médecine d'Urgence.

b – Pré-hospitalier.

Concernant les équipes de SMUR, notre étude rapporte que 12.5% (2 sur 16) sont pourvues d'un appareil d'échographie portatif à l'heure actuelle, chiffre qui devrait atteindre 19% à l'horizon 2015, avec un équipement en attente pour l'équipe du SMUR de Roubaix.

La médiane des effectifs formés dans ces centres (Lille et Dunkerque), est de 8.

Parmi leurs effectifs, la formation privée concerne 85% des médecins formés.

Dans une étude nationale présentée au congrès de la SFMU en 2012⁹, interrogeant 379 équipes SMUR de France et des DOM-TOM, on retrouve sur les 278 répondants (73%), 22 équipes pourvues d'appareil portatif soit 9%.

Parmi les effectifs médicaux, la médiane des médecins formés est de 7 dans les centres équipés.

Parmi les centres non équipés, 12% envisagent de le faire à court terme.

Tout comme en intra-hospitalier, la formation privée domine la formation universitaire avec 72% des médecins formés.

On constate que ces formations privées touchent préférentiellement la tranche d'âge des 35-45 ans. Il s'agit de formation « rapide » sur 2 ou 3 jours.

La baisse d'intérêt chez les 25-35 ans dans le Nord-Pas-de-Calais pourrait s'expliquer par l'intégration systématique d'un séminaire d'initiation à l'échographie depuis quelques années dans le cursus du DESC de Médecine d'Urgence.

Les formations privées posent le problème de l'encadrement après la formation, et donc de la reconnaissance de cette formation au sein de l'établissement d'exercice mais aussi de leurs coûts.

Pour les DESC, il est maintenant acquis que le séminaire fait partie intégrante de la formation initiale dans le G4, mais cela reste une exception à l'échelon national.

On constate par ailleurs, que 16 médecins non formés parmi les 29 répondants, utilisent l'échographie, dont 4 déclarent une pratique régulière.

Cela expose ces médecins à d'éventuels problèmes d'ordre médico-légal.

Actuellement les formations privées ne délivrent que des attestations de présence.

La HAS¹⁰ reconnaît aux urgentistes la pratique de l'échographie par le DIU module EAU. Un référentiel sur l'échographie clinique dans les services d'urgences, est d'ailleurs en cours de rédaction et sera proposé par la SFMU courant 2014.

2 – Pertinence de l'E-FAST.

Concernant le FAST, qui est la recherche couplée d'un épanchement péricardique, péritonéal, et pleural, de nombreuses études depuis les années 1990 ont évalué sa capacité à orienter et accélérer la prise en charge du patient, que ce soit en pré- ou intra-hospitalier.

Dans le tableau 28 présenté ci-dessous, un premier total a été établi dans une synthèse¹¹ de 2001, et compare le FAST à des standards de référence (TDM, LPD, laparotomie ou observation continue), donnant une sensibilité globale de 0.745 et une spécificité de 0.975.

Nous avons rajouté cinq études de 1995 à 2003, trouvées dans la littérature et non comptabilisées dans la synthèse, étudiant également le FAST par rapport à d'autres références, permettant de ramener la sensibilité globale à 0.772 et la spécificité à 0.976.

La plus importante en terme de population est celle de Rozycki et al.¹², rassemblant 1227 patients sur une période de 3 ans, et ayant en terme de résultats une sensibilité à 0.78 et une spécificité à 1 proche de l'évaluation globale.

Outre les études de Ballard et al.¹³ (102 patients) qui retrouve une sensibilité de 0.28 dans le cadre d'un traumatisme pelvien sévère chez l'adulte diagnostiqué par TDM après un FAST négatif, et celle de Coley et al.¹⁴ (107 patients) qui retrouve une sensibilité de 0.38 en reproduisant le FAST dans une population exclusivement pédiatrique, on retrouve, selon les études, une sensibilité variant de 0.67 à 1, et une spécificité de 0.95 à 1.

L'évaluation réalisée chez les DESC est légèrement supérieure en terme de sensibilité (0.89), et inférieure en terme de spécificité (0.94).

Cette évaluation n'est pas comparable aux études, compte tenu qu'elle n'est fondée que sur une évaluation finale « théorique » sur image échographique, pathologique ou non.

De plus, nous ne pouvons conclure en l'efficacité de notre formation rapide, ne pouvant avoir accès aux résultats individuels des évaluations, partie essentielle à la réalisation du test de Mc Namar qui aurait pu permettre de dégager une éventuelle significativité statistique.

Nous ne pouvons donc que conclure à une tendance à l'amélioration des résultats après une formation de 2 jours sans pouvoir le prouver : nous envisageons donc dès la prochaine session d'enregistrer individuellement les résultats, pour ainsi, essayer de montrer l'amélioration de manière significative des performances après une formation « rapide ».

Tableau 28 : Résumé des études ayant évalué le FAST.

		Sen	Spé
Hoffmann et al. ¹⁵	1992	0,89	0,97
Tso et al. ¹⁶	1992	0,69	0,99
Liu et al. ¹⁷	1993	0,92	0,95
Rozycki et al. ¹⁸	1993	0,79	0,96
Rozycki et al. ¹⁹	1995	0,9	1
Boulanger et al. ²⁰	1996	0,81	0,97
Ingeman et al. ²¹	1996	0,75	0,96
McKenney et al. ²¹	1996	0,88	0,99
Wherret et al. ²²	1996	0,85	0,9
Chiu et al. ²³	1997	0,71	1
Kern et al. ²⁴	1997	0,73	0,97
McElveen et al. ²⁵	1997	0,88	0,98
Thomas et al. ²⁷	1997	0,81	0,99
Rozycki et al. ¹²	1998	0,78	1
Ballard et al. ¹³	1999	0,28	0,99
Shackford et al. ²⁸	1999	0,69	0,98
Yeo et al. ²⁹	1999	0,67	0,97
Coley et al. ¹⁴	2000	0,38	0,97
TOTAL		0,745	0,975
Ma et al. ³⁰	1995	0,9	0,99
Buzzas et al. ³¹	1998	0,73	0,97
Polk et al. ³²	2001	0,81	1
Walcher et al. ³³	2002	1	0,97
Petrovic et al. ³⁴	2003	0,92	0,98
TOTAL		0,772	0,976

D'après Alex NG. The FAST examination. How good is FAST ? trauma.org. (2001)

Une étude récente³⁵ réalisée sur 150 patients âgés de 1 à 70 ans, victime d'un traumatisme majeur, montrait l'absence de différence significative entre la réalisation d'un FAST par des non radiologues ayant reçu une formation de 3 jours, puis la visualisation de 20 examens FAST, et la réalisation d'un FAST par des radiologues ayant une expérience supérieure à 3 ans (tableau 29).

Tableau 29 : Etude comparative du FAST, radiologue/non radiologue.

FAST	Non radiologue	Radiologue
Sensibilité	1	0,958
Spécificité	0,975	0,975
VPP	0,888	0,885
VPN	0,975	0,992

D'après Sanjeev Bhoi, et al.. To determine the accuracy of focused assessment with sonography for trauma done by nonradiologists and its comparative analysis with radiologists in emergD'ency department of a level 1 trauma center of IndiaJ Emerg Trauma Shock. 2013

De même, certaines études ont été menées sur des populations exécutantes spécifiques, avec des résultats variables.

Pour les radiologues, Lingawi et al.³⁶ en 2000 retrouve une sensibilité de 0.94 et une spécificité de 0.98, résultats confirmés par Brown et al.³⁷ en 2001 qui, sur une population de 2693 patients, retrouve une sensibilité de 0.84 pour une spécificité de 0.99, concordant avec les résultats retrouvés précédemment.

Cependant certaines rapportent des résultats moins flatteurs pour la spécialité : ainsi, Richards et al.³⁸ en 2002, rapporte une sensibilité à 0.56.

Si l'on s'intéresse aux performances des traumatologues aux USA³⁹, on retrouve une sensibilité de 73%.

Les performances de médecins (urgentistes ou non), ayant reçu une formation rapide (2-3 jours) dans le cadre du FAST : en 2004, Brooks et al.⁴⁰ ont retrouvé une sensibilité de 1

pour une spécificité de 0.99, tandis qu'en 2006, Brenchley et al.⁴¹ ont rapporté une sensibilité de 0.78 et une spécificité de 0.99, bien plus proches des résultats globaux du FAST et des radiologues (tableau 30).

Tableau 30 : Récapitulatif des conclusions de l'étude présentée, des résultats globaux du FAST, et des études les plus importantes concernant des experts, des radiologues, et des médecins ayant eu une formation rapide.

Etude présentée	formation rapide	0,88	0,94
FAST global	experts	0,772	0,976
Rozycki et al. ¹²	experts	0,78	1
Brown et al. ³⁷	radiologues	0,84	0,99
Brenchley et al. ⁴¹	formation rapide	0,78	0,99

Ces résultats mettent en avant l'efficacité d'une formation rapide dans le cadre du FAST.

La raison est simple à comprendre, et se situe dans les spécificités mêmes de l'échographie réalisée par des radiologues et des non radiologues (tableau 31).

Tableau 31 : Comparaison de l'examen échographique réalisé par des radiologues, et des non radiologues.

	Radiologue	Non radiologue
Type d'échographie	Diagnostic	Organe cible
Spécialité	Spécialiste d'imagerie	Non spécialiste
Durée de formation	Longue	Courte
Examen	Détail	Ciblé
Organes	Plusieurs	Ciblés
Durée examen	Long	Très courte

En plus des spécificités de l'opérateur, l'échographie d'urgence, ne cherche à répondre qu'à 3 questions, à savoir la présence ou non :

- 1 – d'un hémopéritoine,
- 2 – d'un hémopneumothorax,
- 3 – d'un épanchement péricardique,

L'E-FAST est donc de réalisation rapide, par tout médecin (urgentiste ou non), permettant un examen d'organe ciblé, pour une durée d'examen courte, reproductible, et permettant d'obtenir d'excellents résultats, que ce soit en termes de sensibilité ou de spécificité, de VPP ou de VPN.

3 – Limites du FAST.

L'échographie clinique s'intègre dans un contexte clinique donné. Elle est le prolongement de l'examen clinique souvent pauvre en Médecine d'Urgence pré-hospitalière, c'est un élément de « monitoring » essentiel dans la prise en charge et le suivi des patients aux urgences et en SMUR.

L'utilisation de l'échographie clinique dans le cadre de l'exercice de la Médecine d'Urgence est ainsi un moyen rapide, et non invasif de prolonger l'examen clinique sur des organes ciblés.

Cependant elle reste un complément de l'examen clinique, et comme tout examen, possède des limites pluri-factorielles, qui peuvent être propres au patient (obésité, présence d'ascite,...), propres à l'exécutant (examen opérateur-dépendant, expérience,...), et des contraintes liées au matériel (coût à l'achat et à l'entretien) mais également aux conditions de réalisations.

Un tiers des lésions intra-abdominales détectées au scanner (gold standard) ne sont pas accompagnées d'hémopéritoine, donc indétectable par l'échographie type FAST d'après une étude de 1999⁴².

Dix-sept pour cent de ces dernières étaient considérées comme potentiellement mortelles, c'est-à-dire nécessitant soit une opération, soit une embolisation (contusions spléniques, hépatiques, et rénales, et les dissections de l'aorte abdominale).

Ainsi Miller et al.⁴³, en 2003, sur 359 traumatismes abdominaux de patients hémodynamiquement stable, ne retrouvaient qu'une sensibilité échographique de 42%, avec comme gold standard la TDM, pour une spécificité de 98%.

En 2010, une nouvelle étude⁴⁴ incluant 2105 traumatisés fermés de l'abdomen sur une période de 7 ans, retrouvait également une faible sensibilité de l'ordre de 43%.

Cependant, les études sont difficilement comparables entre elles en raison de la variabilité du comparateur choisi, allant de la simple surveillance clinique à la TDM, en passant par le lavage péritonéal, et des variations de patients inclus en terme de sévérité des lésions et de leurs paramètres hémodynamiques.

Lors d'une présentation à la SFMU en 2000⁴⁵, une équipe suisse en collaboration avec un centre d'urgences traumatiques à Baltimore a évalué le « FAST » réalisé à l'admission de plus de 500 patients hémodynamiquement stables par l'équipe de chirurgie de garde, le «gold standard» étant le scanner exclusivement.

La sensibilité du FAST ne dépassant pas 51% (spécificité 97%) contre 95% dans le service de Genève (FAST réalisé par des radiologues entraînés), l'équipe suisse s'est attelée à comprendre la faible sensibilité de l'échographie par les chirurgiens américains, et plusieurs points en sont ressortis :

- l'état hémodynamique des patients examinés, l'instabilité étant fonction de l'importance de l'épanchement.
- l'entraînement échographique préalable des chirurgiens de Baltimore (6 heures d'enseignement théorique et 20 examens supervisés) est certainement insuffisant.
- l'importante proportion de patients obèses dans la population américaine.

Il apparaît donc logique que la visualisation échographique d'un épanchement péritonéal, dépende de l'importance de son volume, et donc, in fine, de sa répercussion sur l'état hémodynamique du patient.

Une étude réalisée en 1999⁴⁶, montrait la capacité de détection par l'échographie d'un épanchement intra-péritonéal dans le Morison, à partir de 700mL en position couchée, et 500mL en position de Trendelenburg à 5°.

Dans le cul de sac de Douglas, la sensibilité est plus importante avec un seuil de détection à partir de 100mL rapportée dans une étude de 2003⁴⁷.

4 – Evaluation de la détection de l'anévrisme de l'aorte abdominale.

Aux Etats-Unis, il y a 200 000 nouveaux cas d'AAA diagnostiqués chaque année, dont 50 à 60 000 nécessitant une intervention chirurgicale⁴⁸.

Leur rupture est responsable de 15 000 décès annuel.

En France, il existe 6 à 7 000 nouveaux cas chaque année, avec une augmentation des opérations de 29% entre 2006 et 2010⁴⁹.

Les AAA sont retrouvés chez 4 à 8% des hommes de plus de 65ans, et seulement chez 0.5 à 1.5% des femmes du même âge⁵⁰.

Leur incidence globale (AAA>3cm) dans la population est estimée entre 1 et 1.5%⁵¹.

Le risque de rupture est variable selon la taille de l'anévrisme : le risque est nul pour les anévrysmes de moins de 4 cm de diamètre.

Le risque est de 1% par an pour ceux compris entre 4 et 4.9cm, de 11% par an pour les diamètres compris entre 5 et 5.9cm, et de 25% par an pour ceux supérieurs à 6cm⁵².

Leur classification peut se faire selon leur taille : petit pour ceux inférieur à 5cm, moyen entre 5 et 7cm, et large pour ceux supérieur à 7cm⁵².

En ce qui concerne la détection des anévrysmes de l'aorte abdominale, nous montrons qu'après une formation initiale, les résultats sont excellents avec une sensibilité de 0.97 (0.63 initialement), une spécificité de 0.98 (contre 0.76), une VPP de 0.98 (contre 0.84), et une VPN de 0.97 (contre 0.50).

Une méta-analyse réalisée en 1989⁵³, rapportait des sensibilités s'étalonnant entre 82 et 99%, avec une spécificité proche de 100%, chez des patients porteurs d'une masse pulsatile abdominale.

Plus récemment, une étude⁵⁴ retrouvait une sensibilité et une spécificité de 100%, mais sur un faible volume de patient étudié (20).

Une évaluation de 2002, par un programme britannique⁵⁵, plus conséquente en terme de puissance statistique, concluait avec une sensibilité de 100% pour des AAA supérieur ou égal à 4.5cm, et une spécificité de 100% pour les AAA supérieur à 3cm pour la détection échographique.

Enfin, une série parue en 2004⁵⁶, confirmait l'efficacité de l'échographie dans la détection des AAA avec une sensibilité de 100%.

Devant ces résultats et les nombreux avantages de l'échographie (non invasif, rapide et reproductible), elle est devenue un examen de référence dans le dépistage et le suivi des AAA, notamment chez les nord-américains⁵⁷⁻⁶⁰.

En 1999, Lederle et al.⁶¹ ont proposé une synthèse de 15 études comparant la palpation abdominale à l'échographie : la sensibilité varie selon la taille de l'anévrisme : 29% pour les AAA de 3.0 à 3.9 cm, 50% pour les AAA de 4.0 à 4.9 cm et 76% pour les AAA de plus de 5.0 cm.

5 – Utilité en pré-hospitalier.

Dans notre région, 85% des médecins urgentistes exerçant dans un centre disposant d'un SMUR équipé sont formés à l'échographie, montrant un réel engouement à l'acquisition de cette compétence clinique, mais ceci est contrebalancé par le faible niveau d'équipement, avec seulement 2 SMUR équipés.

Son intérêt en pré-hospitalier a été démontré, notamment dans une étude de 2006⁶², réalisée en Allemagne, qui permettait de confirmer la bonne sensibilité (93%) et spécificité (99%) de l'examen, mais montrait également que l'échographie avait modifié la prise en charge sur le plan thérapeutique dans 30% des cas, et l'orientation des patients dans 22% des cas.

Nous constatons cette tendance, avec 74% des urgentistes formés qui affirment que l'échographie modifie l'orientation du patient, et 68% qu'elle modifie leur prise en charge, que ce soit en pré ou intra-hospitalier.

Une étude française⁶³, a permis d'établir que seulement 25% des échographies pré-hospitalières étaient non contributives, 67% apportant une confirmation diagnostique avec un temps moyen de réalisation des clichés de 6 minutes.

6 – Formation à l'échographie clinique.

L'exploration ultrasonographique des patients traumatisés de l'abdomen a d'abord été décrite en Europe au début des années 1970⁶⁴, pendant que les nord-américains privilégiaient le lavage péritonéal diagnostique (LPD).

Initialement réalisé par des radiologues et des chirurgiens, l'examen échographique s'est vu progressivement inclure dans des protocoles d'exploration dans les services d'urgence, reléguant le LPD à de rares indications¹⁵.

Cependant, la limitation technique de l'échographie d'alors, nécessitait la réalisation d'exams complémentaires¹⁷, comme la réalisation d'une TDM.

L'évolution technologique a permis d'intégrer l'échographie à la prise en charge pré- et intra-hospitalière des patients, induisant un transfert de compétence des radiologues vers les urgentistes, la miniaturisation des échographes permettant une intervention au lit même du patient.

En 1994, les indications et les modalités de formation à l'échographie furent décrites par la « *Society of Academic Emergency Medicine* », avant qu'en 1997 soit créé un enseignement institutionnel recommandé par l'« *American College of Surgeon* ».

En 2006, la formation à l'échographie est considérée comme devant faire partie intégrante du cursus en médecine d'urgence⁶⁵.

A – Contenu de la formation.

Dans notre région, 73% des médecins urgentistes ont été formés, 74% par le biais de formations courtes, et 68% ont suivi au moins une formation privée.

Parmi les 12 urgentistes titulaires du module EAU du DIU, 11 ont suivi une formation privée initiale.

La formation initiale recommandée est très variable selon les études : de 4 à 8 h de cours théorique suivis de la réalisation de 25 à 300 examens supervisés avant que l'urgentiste ne puisse réaliser un FAST seul, en situation clinique d'urgence^{11, 66}.

Un article récent⁶⁷ établit qu'une formation théorique courte, associée à une formation pratique d'une trentaine d'examen, est suffisante à l'acquisition d'une compétence à l'FAST en médecine d'urgence.

Un article plus récent³ (tableau 32), propose que cette formation initiale, dite « single-competence » (US-CL1), se compose d'une formation théorique de 8h (1 jour), suivie d'une formation pratique de 15 à 50 examens sur une période de 1 à 3 mois.

La validation de ce niveau permet à l'opérateur de réaliser ces examens en situation clinique et le maintien de cette capacité nécessite la réalisation de 15 à 50 examens annuels, avec une formation dite « refresh » validante tous les 2ans.

La formation continue peut être complétée par différents moyens : congrès, audits, supervision de formations, relecture d'examens...

Afin de proposer une uniformisation des performances au niveau local, national et international, les instances directrices ont donc proposé des recommandations pour la formation à la pratique de l'échographie : américaines¹, ou européennes⁴, ces instances proposent une formation théorique initiale, avant une formation pratique sur 3 niveaux, et proposent une formation continue, de type « refresh ».

Tableau 32 : Formation à l'échographie de médecine d'urgences proposée par Neri L, Storti E, LichtensteinD³

Niveau	Sous-niveau	Admission à certif d'aptitude			Maintien du certif d'aptitude			
		Formation initiale	Examens	Périodes	Examens annuels	Refresh validant	FMC	Assurance qualité
Base	US-CL1	8h-1j	15-50	1-3m	15-50	2a	Audits	Supervision
	US-BL1	16h-2j	200	3-6m	100	2a	Mises à jour	Relecture
	US-AL1	24h-3j	300	6-12m	200	2a	Meeting	Gold-standard
							Congrès	Revue de patient
Compétences	US-BL2	40h-5j	800	1a	300	3a		
	US-AL2	Spé	Spé	Spé	Spé	Spé	Discipline dépendant	
Expert	US-BL3	Optionnelle	2000	3a	500	5a		
	US-AL3	Spé	Spé	Spé	Spé	Spé	Discipline dépendant	

D'après Neri L, Storti E, LichtensteinD. Toward an ultrasound curriculum for critical care medicine. Crit Care Med 2007

La définition retenue par le Collège canadien est la suivante : «L'échographie ciblée en médecine d'urgence est un outil important d'aide au diagnostic qui s'intègre à l'examen clinique dans l'évaluation de certaines conditions urgentes.»⁶⁸

En d'autres termes, la réglementation au Québec s'inspire de certains grands principes reconnus par les principales associations professionnelles, et implique que l'évaluation échographique ciblée réalisée au chevet du patient par le médecin d'urgence devrait être disponible 24 heures sur 24 pour les patients de la salle d'urgence, incluant la réalisation de l'examen et son interprétation⁶⁹.

Elle sous-entend donc que l'urgentiste qui pratique l'échographie ciblée, doit posséder la formation appropriée et l'expérience nécessaire pour effectuer l'examen et l'interpréter.

Au Canada comme aux États-Unis⁷⁰, les responsables des programmes de formation de chaque université doivent établir et déterminer les objectifs, les moyens d'apprentissage et d'évaluation, en accord avec les organismes d'agrément.

L'échographie ciblée fait partie intégrante du programme de formation en médecine d'urgence; la formation vise une utilisation autonome de l'échographie par le résident en médecine avant la fin de sa formation.

Entre 20 et 50 examens selon la cible doivent être effectués sous supervision d'un urgentiste ayant complété une formation reconnue en échographie ciblée ou d'un radiologue.

Dans les recommandations américaines¹ de 2008, la formation des urgentistes à l'échographie se voit donc inscrite au sein de leur cursus, avec une partie théorique et une partie pratique s'effectuant sur différents supports (cours, multimédia, supervision ou relecture d'examens...). Les étudiants ne sont déclarés aptes (experts), qu'après la réalisation de 150 examens, en situation critique, sur l'ensemble de leur cursus.

B – Formation institutionnelle.

Depuis 2007, le DIU d'échographie propose un module d'échographie appliquée à l'urgence (EAU) faisant suite à « un tronc commun ». Il s'agit d'un diplôme national autorisant son détenteur à pratiquer l'échographie appliquée à l'urgence sans restriction.

Ce DIU module EAU, se compose d'un module commun obligatoire de 50h d'enseignement théorique ainsi que 15 vacations pratiques, et d'un module de spécialité également de 50h d'enseignement théorique ainsi que des vacations pratiques en cardiologie, ainsi qu'en vasculaire, imagerie abdominale et obstétricale sur 12 à 24 mois, avec un carnet de stage obligatoire.

Chaque enseignement ne pouvant être validé que par une note > 50/100, à l'épreuve théorique comme à l'épreuve pratique.

L'intérêt de ce DIU module EAU repose essentiellement sur le fait que l'essentiel des stages est réalisé dans l'établissement d'origine, permettant de créer une relation de confiance et un réel partenariat entre l'urgentiste, nouveau praticien, et le cardiologue, le radiologue ou un autre spécialiste de son établissement d'exercice.

Le faible taux de médecins urgentistes formés au DIU (12), est très probablement lié au fait qu'il s'agit d'une formation récente (2007), lourde et contraignante, et pour laquelle la grande difficulté réside souvent à trouver des terrains de stage validants susceptibles d'accueillir des stagiaires.

Un DU d'échographie pratique aux urgences a récemment été créé à l'université de Lyon proposant un modèle éducationnel spécifique⁷¹.

Il n'y a malheureusement que peu de publication scientifique concernant l'impact sur la pratique de ces enseignements, en France ou ailleurs.

C - Formation rapide.

Notre analyse montre qu'une formation rapide, sur 2 jours, associant une partie théorique à une partie pratique, bien que prodiguée à des médecins sans aucune expérience en échographie, permet d'obtenir des résultats tout à fait satisfaisants sur les cibles échographiques étudiées que sont l'E-FAST, et l'anévrisme de l'aorte abdominale.

Elle rapporte des chiffres excellents en termes de sensibilité (0,89 pour l'E-FAST et 0.97 pour l'AAA) et de spécificité (0.94 pour l'E-FAST et 0.98 pour l'AAA), démontrant une fiabilité intéressante dans la pratique de tous les jours.

De plus, les urgentistes montrent une réelle envie de se former et d'acquérir une compétence qui leur permettrait d'améliorer la performance de l'examen clinique en modifiant l'orientation et la thérapeutique.

Ce type de formation fait quasiment l'unanimité avec 75% des médecins urgentistes qui ont bénéficié de ce type de formation, et on constate que 25% des urgentistes travaillant dans des centres équipés ne sont pas encore formés.

Ce type de formation rapide permet tout d'abord d'acquérir une compétence dans le domaine de la FAST échographie, mais aussi d'inviter les médecins à la pratique de l'échographie clinique, pouvant ainsi constituer une « porte d'entrée » dans le DIU.

Il pourrait être de la compétence du collège régional de médecine d'urgence (COMU59-62) de proposer, selon un rythme annuel à définir et avec le partenariat de l'industrie, une formation entrant dans le cadre du DPC, et associant une formation initiale et des formations de rappel dites « refresh » aux médecins urgentistes du Nord-Pas-de-Calais.

a – Formations privées.

En plus de cette formation universitaire type FMC, il existe également des formations rapides, accessibles aux médecins volontaires, de type PREP (Programme Rapide d'Echographie du Polytraumatisé) ou PREC (Programme Rapide d'Echo-Cardiographie) proposés par le CFFE⁷², et permettant d'acquérir des compétences en échographie, qui s'échelonnent sur plusieurs niveaux d'acquisition, et intègrent des formations présentielles et du « e-learning ».

L'association Winfocus France⁷³(WFF), en partenariat avec les CESU (Centre d'Enseignement des Soins d'Urgence), propose des sessions de formation régionale et une journée de formation annuelle adossée au congrès d'urgences, dont les objectifs sont les suivants :

- promotion de l'échographie au chevet des patients dans la pratique clinique d'urgence, de réanimation et de soins intensifs,
- aide à l'intégration dans les services de médecine,
- sensibilisation et diffusion à la demande d'autres spécialités médicales,
- enseignement et recherche clinique.

b – Formation 2^{ème} année de DESC.

Deux régions pilotes, le Nord-Ouest (Lille, Rouen, Caen et Amiens), et la région PACA, proposent une formation rapide de 2 jours incluse au sein de la 2^{ème} année du DESC de Médecine d'Urgence, dont ce présent travail est issu.

On remarque un taux de participation de 100%, reflet de la motivation des étudiants. Cette formation de type « initiation », permet de sensibiliser les jeunes urgentistes à l'échographie et d'orienter les plus motivés vers le DIU module EAU.

Ce séminaire d'« initiation » se déroulant sur un profil de formation courte, a permis de former un tiers de la population ayant répondu, sur seulement 4 années d'exercice.

Bien que l'efficacité de cette formation reste à prouver statistiquement, il se trouve que les résultats en termes de sensibilité, de spécificité, de VPP, et de VPN sont largement comparables aux données de la littérature pour l'E-FAST et l'AAA.

7 – Perspectives d'avenir.

La restructuration de la FMC avec l'apparition du DPC va soulever le problème de l'intérêt des formations rapides qui devront répondre à une thématique précise, avoir un contenu pédagogique validé et comporter des éléments d'évaluation.

La SFMU vient de débiter un travail de réflexion devant permettre la rédaction d'un référentiel sur l'échographie clinique courant 2014.

La formation initiale des médecins urgentistes va, elle aussi prochainement, être modifiée avec l'apparition d'un DES de Médecine d'Urgence : une réflexion sur le contenu

pédagogique du DES a été entamé par la CNUMU, et vise à intégrer dans la maquette l'enseignement de l'échographie clinique.

La grande proportion à l'échelle régionale des urgentistes formés par le biais de formation dite « rapide », par rapport à la formation « universitaire » type DIU, met en avant très probablement un problème de disponibilité des médecins, mais aussi l'obligation de limiter les inscriptions au DIU liée à l'existence de terrain de stage validant.

Le rôle joué par le COMU 59-62 en tant qu'organisateur de formation dite DPC reste donc prépondérant, il en va de même des formations proposées lors des congrès majeurs et notamment le congrès annuel de la SFMU, véritable plateforme de formation.

Un axe de développement peu exploité actuellement, serait l'apprentissage sur des mannequins de simulation, mais le coût reste rédhibitoire à ce jour.

L'intérêt de ce type de formation serait de proposer des sessions pratiques montrant des examens pathologiques, contrairement aux formations rapides actuelles, où les séances pratiques se déroulent sur des volontaires sains.

Selon la définition de la HAS⁷⁴, dans le guide de bonnes pratiques en matière de simulation en santé, paru en décembre 2012, la simulation médicale correspond « à l'utilisation d'un matériel (comme un mannequin ou un simulateur procédural), de la réalité virtuelle ou d'un patient standardisé, pour reproduire des situations ou des environnements de soins pour enseigner des procédures diagnostiques et thérapeutiques et permettre de répéter

des processus, des situations cliniques ou des prises de décision par un professionnel de santé ou une équipe de professionnels. »

Actuellement et après contact auprès d'industriels, il faut compter 100 000 euros pour l'acquisition d'un simulateur échographique, en dehors de toutes maintenances, ressources humaines ou locales relatifs à son utilisation et son apprentissage.

Validée sur le plan de la formation par les cardiologues^{75, 76}, les obstétriciens⁷⁷, les chirurgiens⁷⁸, les limites de l'apprentissage par la simulation sont inhérentes à ceux de la création d'un centre de simulation, devant tenir compte de réalités économiques et humaines.

La création d'un tel centre de formation pourrait s'articuler entre différentes organisations dispensatrices de formation : la faculté, le CESU, le collège de Médecine d'Urgence, le tout prenant en compte l'intégration dans le DPC, et ne pouvant se réaliser sans un recours au mécénat des constructeurs, tant pour l'achat de simulateurs que pour les échographes nécessaires.

V - Conclusion

Notre étude révèle le problème de la formation à l'échographie clinique en médecine d'urgence, montrant une grande variabilité sur le plan individuel avec une majorité de formation privée, et sur le plan collectif avec une grande disparité territoriale des praticiens formés.

Le but est donc, avec l'arrivée prochaine du DES de Médecine d'Urgences, d'homogénéiser la formation à l'échographie clinique en proposant aux urgentistes d'inclure cette compétence au sein de leur cursus.

Une seconde problématique a été soulevée, concernant le niveau d'équipement régional, qui certes reste supérieur à la moyenne nationale, que ce soit dans les SAU ou les SMUR, mais qui laisse 66% d'urgentistes formés sans outil pour exercer leur compétence.

Un lissage des formations ne peut se concevoir sans la disponibilité du matériel au sein des services.

Enfin, l'avancée technologique aidant, cette formation pourrait avoir recours à la simulation médicale, déjà utilisée à Brest, et ayant comme avantage de confronter les étudiants formés à des images pathologiques.

Les limites de ce projet sont celles de la création d'un centre de simulation : locaux, matériels et formateurs, qui convergent vers une difficulté financière à la réalisation d'un tel projet.

ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaire destiné aux urgentistes.

Echographie en Médecine d'urgence dans le Nord Pas-de-Calais

Thèse : DENOEUX Pierre-Olivier, Directeur : Dr ROUYER Frédéric

1-INFORMATIONS PERSONNELLES

Sexe

- Masculin
- Féminin

Age

- 25-35
- 35-45
- 45-55
- Plus de 55

Expérience professionnelle

- 0-5
- 5-10
- 10-15
- 15-20
- 20-25
- Plus de 25 ans

CH de rattachement

- Armentières
- Arras
- Béthune
- Boulogne-sur-Mer
- Calais
- Cambrai
- Denain
- Douai
- Dunkerque
- Fourmies
- Hazebrouck

- Le Cateau
- Lens
- Lille (CHRU)
- Maubeuge
- Montreuil sur Mer
- Roubaix
- Saint-Philibert
- Saint-Omer
- Saint-Vincent-de-Paul
- Seclin
- Tourcoing
- Valenciennes

Pratique professionnelle actuelle (Plusieurs réponses possibles)

- Pré-hospitalier
- SAU
- SI/SC

2-EQUIPEMENT

Equipement actuel du service

- Pré-hospitalier
- Intra-hospitalier
- Les deux
- Aucun

Equipement à venir

- Pré-Hospitalier
- Intra-hospitalier
- Les deux
- Aucun

Délai du projet

- Non prévu
- 2013
- 2014
- 2015 et au-delà

3-FORMATION A L'ECHOGRAPHIE

Formation à l'échographie

- Oui
- Non

4-QUELLE FORMATION ?

Formation rapide (2 jours) (Plusieurs réponses possibles)

- Séminaire DESC 2ème année
- PREP
- PREC
- Congrès
- Aucune
- Autre :

Formation universitaire (Plusieurs réponses possibles)

- DIU module EAU
- AUEC Echocardiographie
- Autre :

5-UTILISATION ?

Utilisation personnelle de l'échographie (Plusieurs réponses possibles)

- Pré-hospitalier
- Intra-hospitalier
- Non, aucun intérêt

Fréquence d'utilisation de l'échographe

- Quotidienne (au moins 1/jour)
- Hebdomadaire (moins de 5 actes/semaine)
- Mensuelle (quelques unes/mois)
- Rare (utilisation épisodique)

6-STRATEGIE DIAGNOSTIQUE

Utilisez-vous des algorithmes décisionnels intégrant l'échographie (type EAU)? EAU = DIU module Echographie Appliquée à l'Urgence

- Oui
- Non

7-CIRCUIT DU PATIENT

L'utilisation de l'échographie modifie-t-elle l'orientation de vos patients?

- Oui
- Non

L'échographie vous permet-elle d'améliorer le flux des patients?

- Oui
- Non

L'échographie accélère-t-elle vos prises en charge?

- Oui
- Non

L'échographie diminue-t-elle votre recours aux examens complémentaires?

- Oui
- Non

L'échographie diminue-t-elle votre recours aux spécialistes (radiologues, cardiologues)?

- Oui
- Non

Enfin, utilisez-vous l'échographie pour des procédures interventionnelles? (Plusieurs réponses possibles)

- VVC
- VVP
- ALR
- Ponctions
- Non

BIBLIOGRAPHIE

- 1 – American College of emergency physicians, emergency ultrasound guidelines, 2008.
- 2 – Mateer J, Plummer D, Heller M, Olson D, Jehle D, Overton D, Gussow L. Model curriculum for physician training in emergency ultrasonography. *Ann Emerg Med* 1994; 23; 95-102.
- 3 – Neri L, Storti E, Lichtenstein D. Toward an ultrasound curriculum for critical care medicine. *Crit Care Med* 2007; 35; 5; 290-304.
- 4 – European Federation of Societies for ultrasound in Medicine and biology : Minimum training requirement for the practice of medical ultrasound. *Ultraschall Med* 2005; 16; 79-105.
- 5 – Sisley AC, Rozycki GS, Ballard RB, Namias N, Salomone JP, Feliciano DV, Rapid detection of traumatic effusion using surgeon-performed ultrasonography. *J Trauma* 1998;44(2):291-296.
- 6 – Kirkpatrick AW, et al. Hand-held thoracic sonography for detecting traumatic pneumothoraces: The extended focused assessment with sonography for trauma (EFAST). *Trauma J* 2004 Aug;57(2):288-295.
- 7 – Hansel H, Bobbia X, Genre Grandpierre R, Claret PG, Moreau A, Pomet S, Lefrant JY, De la Coussaye JE. Etats des lieux sur la disponibilité, la formation, et les applications de l'échographie par les médecins urgentistes dans les services d'accueil d'urgences en France en 2011. 6^{ème} congrès de la SFMU 2012.
- 8 – Lefrant JY, Benezet JF, Pandolfi JL, Eledjam JJ. Cathétérisme veineux central. Conférence d'actualisation de la SFAR, 1997, pages 535-43.
- 9 – Hansel H, Bobbia X, Genre Grandpierre R, Claret PG, Gervais E, Perrin Bayard R, Lefrant JY, De la Coussaye JE. Disponibilité et formation de l'échographie en médecine pré-hospitalière en France. 6^{ème} congrès de la SFMU 2012.
- 10 – Echocardiographie doppler transthoracique : principales indications et conditions de réalisation, Rapport HAS,2012, page 120.
- 11 – Alex NG. The FAST examination. How good is FAST? *trauma.org*. 2001 Déc; 6; 12. Available : [http://www.trauma.org/radiology/FAST howgood.html](http://www.trauma.org/radiology/FAST%20howgood.html).
- 12 – Rozycki G, Ballard R, Feliciano D, Schmidt J, Pennington S. Surgeon-performed ultrasound for the assessment of truncal injuries : lesson learned from 1540 patients. *Ann Surg* 1998; 228; 557-67.
- 13 – Ballard RB, Rozycki GS, Newman PG, Cubillos JE, et al. (1999). An algorithm to reduce the incidence of false-negative FAST examinations in patients at high risk for occult injury. *Focused Assessment for the Sonographic Examination of the Trauma patient. J Am Coll Surg* 189(2): 145-150; discussion 150-151
- 14 – Coley BD, Mutabagani KH, Martin LC, Zumberge N, Cooney DR, Caniano DA, Besner GE, Groner JJ, Shiels WE 2nd. Focused abdominal sonography for trauma (FAST) in children with blunt abdominal trauma. *J Trauma*. 2000 May;48(5):902-6.
- 15 – Hoffmann R, Nerlich M, Muggia-Sullam M, Pohlemann T, Wippermann B, Regel G, Tschern H. Blunt abdominal trauma in cases of multiple trauma evaluated by ultrasonography : a prospective analysis of 291 patients. *J Trauma*. 1992; 32; 452-8.
- 16 – Tso P, Rodriguez A, Cooper C, Militello P, Mirvis S, Badellino MM, Boulanger BR, Foss FA Jr, Hinson DM, Mighty HE, et al. Sonography in blunt abdominal trauma: a preliminary progress report. *J Trauma*. 1992 Jul;33(1):39-43; discussion 43-4.
- 17 – Liu M, Lee CH, P'eng FK. Prospective comparison of diagnostic peritoneal lavage, computed tomographic scanning, and ultrasonography for the diagnosis of blunt abdominal trauma. *J Trauma*. 1993; 35; 267-70.
- 18 – Rozycki GS, Ochsner MG, Jaffin JH, Champion HR. Prospective evaluation of surgeons use of ultrasound in the evaluation of trauma patients. *J Trauma*. 1993; 34; 516-26
- 19 – Rozycki GS, Ochsner MG, Schmidt JA, et al. A prospective study of surgeon-performed ultrasound as the primary adjuvant modality for injured patient assessment. *J Trauma*. 1995; 39; 492-8
- 20 – Boulanger BR, McLellan BA, Brenneman FD and al. Emergent abdominal sonography as a screening test in a new diagnostic algorithm for blunt trauma. *J Trauma* 1996; 40; 867-74.
- 21 – Ingeman JE, Plewa MC, et al. (1996). Emergency physician use of ultrasonography in blunt abdominal trauma. *Acad Emerg Med* 3 (10): 931-7.
- 22 – McKenney MG, Martin L, Lentz K, Lopez C, Sleeman D, Aristide G, Kirton O, Nunez D, Najjar R, Namias N, Sosa J. 1,000 consecutive ultrasounds for blunt abdominal trauma. *J Trauma*. 1996 Apr;40(4):607-10; discussion 611-2.
- 23 – Wherrett LJ, Boulanger BR, McLellan BA, Brenneman FD, Rizoli SB, Culhane J, Hamilton P. Hypotension after blunt abdominal trauma: the role of emergent abdominal sonography in surgical triage. *J Trauma*. 1996 Nov;41(5):815-20.

- 24 – Chiu WC, Cushing BM, Rodriguez A, et al: Abdominal injuries without hemoperitoneum: a potential limitation of focused abdominal sonography for trauma (FAST). *J Trauma* 1997 Apr; 42(4): 617-23; discussion 623-5
- 25 – Kern SJ, Smith RS, Fry WR, Helmer SD, Reed JA, Chang FC. Sonographic examination of abdominal trauma by senior surgical residents. *Am Surg.* 1997 Aug;63(8):669-74
- 26 – McElveen TS and Collin GR (1997). The role of ultrasonography in blunt abdominal trauma: a prospective study. *Am Surg* 63 (2): 184-8
- 27 – Thomas B, Falcone RE, Vasquez D, Santanello S, Townsend M, Hockenberry S, Innes J, Wanamaker S. Ultrasound evaluation of blunt abdominal trauma: program implementation, initial experience, and learning curve. *J Trauma.* 1997 Mar;42(3):384–390
- 28 – Shackford SR, Rogers FB, Osler TM, Trubusly ME, Clauss DW, Vane DW. Focused abdominal sonogram for trauma: the learning curve of nonradiologist clinicians in detecting hemoperitoneum. *J Trauma.* 1999 Apr;46(4):553-62; discussion 562-4.
- 29 – Yeo A, Wong CY, Soo KC. Focused abdominal sonography for trauma (FAST). *Ann Acad Med Singapore.* 1999 Nov;28(6):805-9.
- 30 – Ma OJ, Mateer JR, Ogata M, Kefer MP, Wittmann D, Aprahamian C. Prospective analysis of a rapid trauma ultrasound examination performed by emergency physicians. *J Trauma.* 1995 Jun;38(6):879-85.
- 31 – Buzzas GR, Kern SJ, Smith RS, Harrison PB, Helmer SD, Reed JA. A comparison of sonographic examinations for trauma performed by surgeons and radiologists. *J Trauma.* 1998 Apr;44(4):604-6; discussion 607-8.
- 32 – Polk JD, Fallon Jr WF, Kovach B, Mancuso C, Stephens M, Malangoni MA. The « Airmedical FAST » for trauma patients-the initial report of a novel application for sonography. *Aviat Space Environ Med* 2001; 72; 432-6.
- 33 – Walcher F, Kortüm S, Kirschning T, Weihgold N, Marzi I. Optimized management of polytraumatized patients by prehospital ultrasound. *Unfallchirurg.* 2002 Nov; 105(11); 986-94.
- 34 – Petrovic T, Lenoir G, Galinski M, Adnet F, Fleury M, Wipf P, et al. Echographie en médecine d'urgence pré-hospitalière : quelle formation pour quelle performance ? *JEUR* 2003; 16; 1S61 abstract.
- 35 – Sanjeev Bhoi, Tej P Sinha, Radhakrishnan Ramchandani, Lalit Kurrey, and Sagar Galwankar. To determine the accuracy of focused assessment with sonography for trauma done by nonradiologists and its comparative analysis with radiologists in emergency department of a level 1 trauma center of India *J Emerg Trauma Shock.* 2013 Jan-Mar; 6(1): 42–46.
- 36 – Lingawi SS, Buckley AR. Focused abdominal US in patients with trauma. *Radiology* 2000; 217; 426-9.
- 37 – Brown MA, Casola G, Sirlin CB, et al. Blunt abdominal trauma : screening US in 2693 patients. *Radiology* 2001; 218; 352-8.
- 38 – Richards JR, Knopf NA, Wang L, et al. Blunt abdominal trauma in children : evaluation with emergency US. *Radiology* 2002; 222; 749-54
- 39 – Smith RS, Kern SJ, Fry WR, et al. Institutional Learning curve of surgeon-performed trauma ultrasound. *Arch Surg* 1998; 133; 530-6.
- 40 – Brooks A, Davies B, Smethhurst M, et al. Prospective evaluation of non-radiologist performed emergency abdominal ultrasound for haemoperitoneum. *Emerg Med J* 2004; 21; 580-1.
- 41 – Brenchley J, Walker A, Sloan JP, et al. Evaluation of focused assessment with sonography in trauma by UK emergency physicians. *Emerg Med J* 2006; 23; 446-8.
- 42 – Shanmuganathan K, Mirvis SE, Sherbourne CD, Chiu WC, Rodriguez A. Hemoperitoneum as the sole indicator of abdominal visceral injuries: a potential limitation of a screening abdominal US for trauma. *Radiology* 1999; 212:423-30.
- 43 – Miller MT, Pasquale MD, Bromberg WJ, et al. Not so FAST. *J Trauma* 2003 ;54 ;52-60.
- 44 – Natarajan B, Gupta PK, Cemaj S, Sorensen M, Hatzoudis GI, Forse RA. FAST scan: is it worth doing in hemodynamically stable blunt trauma patients? *Surgery.* 2010 Oct;148(4):695-700; discussion 700-1. doi: 10.1016/j.surg.2010.07.032. Epub 2010 Aug 30.
- 45 – Poletti PA, Vermeulen B. L'ultrasonographie dans les traumatismes abdominaux fermés, conférence de la SFMU 2010.
- 46 - Abrams BJ, Sukumvanich P, Seibel R, Moscatti R, Jehle D. Ultrasound for the detection of intraperitoneal fluid: The role of Trendelenburg positioning. *J Emerg Med* 1999
- 47 – Von Kuenssberg Jehle D, Stiller G, Wagner D. Sensitivity in detecting free intraperitoneal fluid with the pelvic views of the FAST exam. *Am J Emerg Med.* 2003 Oct;21(6):476-8.
- 48 – Brewster DC. Presidential Address: what would you do if it was your father? Reflections on endovascular abdominal aortic repair. *J Vasc Surg* 2001; 33(6): 1139-1147
- 49 – Anévrismes de l'aorte abdominale en France : proposer un dépistage ciblé opportuniste unique chez les hommes présentant des facteurs de risque. <http://www.has-sante.fr>

- 50 – Fleming C, Whitlock EP, Beil TL, Lederle FA. Screening for abdominal aortic aneurysm: a best evidence systematic review for the U.S. Preventive Services Task Force. *Ann Intern Med* 2005; 142(3): 203-211
- 51 – Salo JA, Soisalon-Soininen S, Bondestam S, Mattila PS. Familial occurrence of abdominal aortic aneurysm. *Ann Intern Med* 1999; 130: 637-642
- 52 – Hallett JW Jr. Management of abdominal aortic aneurysms. *Mayo Clin Proc* 2000; 75(4): 395-399
- 53 – Quill DS, Colgan MP, Sumner DS. Ultrasonic screening for the detection of abdominal aortic aneurysms. *Surg Clin North Am* 1989; 69(4): 713-720
- 54 – Richard Lanoix, Lee V Leak, Theodore Gaeta, Joel Gernsheimer. A preliminary evaluation of emergency ultrasound in the setting of an emergency medicine training program. *Am J Emerg Med*. 2000 Jan;18(1):41-5
- 55 – Wilmlink A, Forshaw M, Quick CRG, Hubbard CS, Day NE. Accuracy of serial screening for abdominal aortic aneurysms by ultrasound. *J Med Screen* 2002; 9(3): 125-7
- 56 – Barkin AZ, Rosen CL. Ultrasound detection of abdominal aortic aneurysm. *Emerg Med Clin N Am* 2004; 22; 675-82
- 57 – Lindholt JS, Juul S, fasting H, Henneberg EW. Screening for abdominal aortic aneurysms: single centre randomised controlled trial. *BMJ* 2005; 330(7494): 750
- 58 – Norman PE, Jamrozik K, Lawrence-Brown MM, Le MT, Spencer CA, Tuohy RJ et al. Population based randomised controlled trial on impact of screening on mortality from abdominal aortic aneurysm [erratum appears in *BMJ*. 2005 Mar 12;330(7491):596]. *BMJ* 2004; 329(7477): 1259
- 59 – Scott RA, Wilson SE, Ashton HA, Kay DN. Influence of screening on the incidence of ruptured abdominal aortic aneurysm: 5-year results of a randomized controlled study. *Br J Surg* 1995; 82: 1066-70
- 60 – Ashton HA, Buxton MJ, Day NE, Kim LG, Scott RA, Thompson SG et al. The Multicentre Aneurysm Screening Study (MASS) into the effect of abdominal aortic aneurysm screening on mortality in men: a randomised controlled trial. *Lancet* 2002; 360(9345): 1531-9
- 61 – Lederle FA, Simel DL. The rational clinical examination. Does this patient have abdominal aortic aneurysm? *Jama* 1999;281(1):77-82
- 62 – Walcher F, Weinlich M, Conrad G, Schweigkofler U, Breikreutz R, Kirschning T. Prehospital ultrasound imaging improves management of abdominal trauma. *Marzi IBR J Surg*. 2006 Feb;93(2):238-42.
- 63 – Lapostolle F, Petrovic T, Lenoir G, Catineau J, Galinski M, Metzger J, Chanzy E, Adnet F. Usefulness of hand-held ultrasound devices in out-of-hospital diagnosis performed by emergency physicians. *Am J Emerg Med*. 2006 Mar;24(2):237-42.
- 64 – Kristensen JK, Bueman B, Keuhl E. Ultrasonic scanning in the diagnosis of splenic haematomas. *Acta Chir Scand* 1971; 137; 653-7.
- 65 – Thomas HA, Binder LS, Chapman DM et al. The 2003 Model of clinical practice of emergency medicine ; the 2005 update. *Ann Emerg Med* 2006; 48 : e1-e17.
- 66 – Thomas FB, Falcone RE, Vasquez D, Santanello S, Townsend M, Hockenberry S, Innes J, Wannamaker S. Ultrasound evaluation of blunt abdominal trauma : program implementation, initial experience and learning curve. *J Trauma*. 1997; 42; 384-8
- 67 – Cazes N, Geffroy Y, Desmots F, Planchet M, Puidupin A, Leyral J. Echographie de l'avant : quelle formation pour le médecin militaire ? Les résultats d'une étude prospective. *Médecine et Armées* 2013 ; 41 ; 1 ; 73-84.
- 68 – Société canadienne d'échographie au département d'urgence, site Web (www.scedu.ca) et (www.caep.ca).
- 69 – L'échographie ciblée en médecine d'urgence : pour y voir clair, *Archives de la médecine d'urgence québécoise*, Vol. 3 n0 1 (Printemps 2006), pp. 41-44.
- 70 – Use of Ultrasound Imaging by Emergency Physicians, Statement, American College of Emergency Physicians. *Emergency Ultrasound Guidelines, ACEP*, juin 2001.
- 71 – DU d'échographie pratique aux urgences. http://focal.univ-lyon1.fr/fiche_formation.php?REF=961
- 72 – <http://www.ultrason.com/>
- 73 – [http://www.winfocus-france.org/.](http://www.winfocus-france.org/)
- 74 – http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2012-01/simulation_en_sante_-_rapport.pdf
- 75 – Bose RR, Matyal R, Warraich HJ, Summers J, Subramaniam B Mitchell J, Panzica PJ, Shahul S, et Madmood F. Utility of a Transoesophageal Echocardiographic Simulaor as a Teaching Tool, *Journal of Cardiothoracic and vascular anesthesia*, 2010
- 76 – Maneck GR, Ranucci M. Emerging Technology Review, *Journal of Cardiothoracic and vascular anesthesia*, 2011
- 77 – Akins R, Ho H. Clinical Simulation in Modern Teaching and Training of Sonography in Obstetrics ans Gynecology. *Donald School Journal of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, Oct-Dec 2009 ; 3(4) : 17-21
- 78 – Terkamp C, Kirchner G, Wedemeyer J, Dettmer A, Kielstein J, Reindell H, Bleck J, Manns M, Gebel M Simulation of abdomen sonography. Evaluation of a new ultrasound simulator. *Ultraschall Med*. 2003 Aug;24(4):239-4.

AUTEUR : Nom - Prénom : DENOEUX Pierre-Olivier

Date de Soutenance : 2 Décembre 2013

Titre de la Thèse : Echographie clinique en Médecine d'Urgence dans le Nord-Pas-de-Calais : Etat des lieux, quelles perspectives ?

Thèse - Médecine - Lille 2013

Cadre de classement : DES de Médecine générale

Mots-clés : Echographie, FAST, Urgences

Résumé :

Contexte : L'échographie clinique est une discipline en plein essor, force en est de constater l'engouement des urgentistes pour cette pratique. En effet, ils y trouvent le moyen de consolider, dans leur pratique clinique quotidienne, des hypothèses diagnostiques et d'améliorer leur pertinence diagnostique. L'échographie devient aussi un moyen de monitoring guidant la thérapeutique.

Le but de ce travail est de faire l'état des lieux en terme d'équipement des services d'urgences du Nord-Pas-de-Calais et d'évaluer la formation et les besoins des médecins exerçant dans ces services.

Méthode : Une enquête a été menée auprès des urgentistes exerçant dans les services d'urgences et les SMUR du Nord-Pas-de-Calais, celle-ci visait le recueil de données tant sur l'équipement des services que sur les compétences en échographie des médecins urgentistes et leur ressenti quant à cette nouvelle pratique.

En parallèle nous avons réalisé l'évaluation d'une formation de 2 jours à la FAST Echographie et d'initiation à l'échographie clinique proposée ces deux dernières années aux médecins inscrits en 2^e année de DESC de médecine d'Urgence dans l'inter-région Nord (Lille, Amiens, Rouen, Caen).

Résultats : Sur les 275 médecins urgentistes du Nord-Pas-de-Calais à qui le questionnaire a été soumis par le biais de leur messagerie électronique, nous avons totalisé 107 réponses. 73% déclaraient avoir suivi une formation à l'échographie mais 25% des médecins n'étaient pas formés à l'échographie, toute formation confondue, alors qu'il travaillait dans un centre équipé. Par contre, 2 médecins sur 3 qui avaient suivi une formation ne pouvait pas pratiquer l'échographie faute d'équipement. La médiane des médecins formés sur l'ensemble des centres répondeurs est de 3 par centre, 4 dans les SAU équipés, 8 dans les SMUR équipés. Trois urgentistes sur 4 ont bénéficié d'une formation « rapide » de 2 jours, 66% avaient alors eu recours à des organismes de formation privée. Finalement 2 médecins sur 3 parmi ceux ayant été formés déclaraient pratiquer régulièrement l'échographie mais 4 médecins non formés déclaraient aussi pratiquer régulièrement l'échographie clinique.

Après analyse des résultats des évaluations pré et post formation des médecins en deuxième année de DESC, on retrouvait une tendance à l'amélioration des résultats post formation que ce soit pour les cibles de l'E-FAST ou pour la détection d'un anévrisme de l'aorte abdominale.

Conclusion : L'échographie clinique en médecine d'urgence est une pratique qui tend à se généraliser confrontant les médecins à deux problématiques : l'équipement et la formation. Nous constatons que le niveau global d'équipement dans le Nord-Pas de Calais est supérieur au niveau d'équipement national. Les formations les plus plébiscitées sont les formations « rapides ». Elles constituent une porte d'entrée vers une formation universitaire mais peuvent, sous certaines conditions de suivi, être à elles seules suffisantes pour la pratique sécurisée de l'échographie clinique. Les axes d'amélioration pour tendre vers une homogénéisation des pratiques sont multiples et passent par le prochain DES de Médecine d'Urgence mais aussi par le développement d'actions communes locales et coordonnées par les différentes instances impliquées dans la formation, ainsi que par la possibilité de développer des formations sur simulateur qui reste une voie à développer.

Composition du Jury :

Président : Monsieur le Professeur Eric WIEL

Assesseurs : Monsieur le Professeur Laurent LEMAITRE

Monsieur le Professeur Hervé HUBERT

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Frederic ROUYER