

**UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE -RABAT-**

ANNEE : 2016

THESE N° : 16

**TRANSFUSION DES PRODUITS SANGUINS
LABILES EN PÉRIODE DE GUERRE
ET DE CATASTROPHE
THÈSE**

Présentée et soutenue publiquement le :

PAR

Mr. AMINE QAT

Né le 21/01/1990 à OUAOUMANA/ KHENIFRA

Pour l'Obtention du Doctorat en Médecine

MOTS CLES : Transfusion sanguine ; Produits sanguins labiles ; Hôpital de Soutien des Combats ; Opérations extérieures ; Banques de Sang des Hôpitaux ; Catastrophes.

MEMBRES DE JURY

Mr. A. BOULAHYA

Professeur de Chirurgie Cardio-Vasculaire

Mr. A.BELMEKKI

Professeur d'Hématologie Biologique

Mr. S. SIAH

Professeur d'Anesthésie-Réanimation

Mr. H. MANSOURI

Professeur de Radiothérapie

Mr. S. MRANI

Professeur de Virologie

Mr. T. DENDANE

Professeur de Réanimation Médicale

PRÉSIDENT

RAPPORTEUR

JUGES

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سبحانك لا علم لنا إلا ما علمتنا

إنك أنت العليم الحكيم

سورة البقرة: الآية: 31

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمُ



UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE - RABAT

DOYENS HONORAIRES :

1962 – 1969 : Professeur Abdelmalek FARAJ
1969 – 1974 : Professeur Abdellatif BERBICH
1974 – 1981 : Professeur Bachir LAZRAK
1981 – 1989 : Professeur Taieb CHKILI
1989 – 1997 : Professeur Mohamed Tahar ALAOUI
1997 – 2003 : Professeur Abdelmajid BELMAHI
2003 – 2013 : Professeur Najia HAJJAJ - HASSOUNI

ADMINISTRATION :

Doyen : Professeur Mohamed ADNAOUI
Vice Doyen chargé des Affaires Académiques et étudiantes
Professeur Mohammed AHALLAT
Vice Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération
Professeur Taoufiq DAKKA
Vice Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie
Professeur Jamal TAOUFIK
Secrétaire Général : Mr. El Hassane AHALLAT

**1- ENSEIGNANTS-CHERCHEURS MEDECINS
ET PHARMACIENS**

PROFESSEURS :

Mai et Octobre 1981

Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajih	Chirurgie Cardio-Vasculaire
Pr. TAOBANE Hamid*	Chirurgie Thoracique

Mai et Novembre 1982

Pr. BENOSMAN Abdellatif	Chirurgie Thoracique
-------------------------	----------------------

Novembre 1983

Pr. HAJJAJ Najia ép. HASSOUNI	Rhumatologie
-------------------------------	--------------

Décembre 1984

Pr. MAAOUNI Abdelaziz	Médecine Interne – <i>Clinique Royale</i>
Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi	Anesthésie -Réanimation
Pr. SETTAF Abdellatif	pathologie Chirurgicale

Novembre et Décembre 1985

Pr. BENJELLOUN Halima	Cardiologie
Pr. BENSaid Younes	Pathologie Chirurgicale
Pr. EL ALAOUI Faris Moulay El Mostafa	Neurologie

Janvier, Février et Décembre 1987

Pr. AJANA Ali
Pr. CHAHED OUZZANI Houria
Pr. EL YAACoubi Moradh
Pr. ESSAID EL FEYDI Abdellah
Pr. LACHKAR Hassan
Pr. YAHYAoui Mohamed

Radiologie
Gastro-Entérologie
Traumatologie Orthopédie
Gastro-Entérologie
Médecine Interne
Neurologie

Décembre 1988

Pr. BENHAMAMOUCHE Mohamed Najib
Pr. DAFIRI Rachida
Pr. HERMAS Mohamed

Chirurgie Pédiatrique
Radiologie
Traumatologie Orthopédie

Décembre 1989

Pr. ADNAOUI Mohamed
Pr. BOUKILI MAKHOUKHI Abdelali*
Pr. CHAD Bouziane
Pr. OUZZANI Taïbi Mohamed Réda

Médecine Interne –*Doyen de la FMPR*
Cardiologie
Pathologie Chirurgicale
Neurologie

Janvier et Novembre 1990

Pr. CHKOFF Rachid
Pr. HACHIM Mohammed*
Pr. KHARBACH Aïcha
Pr. MANSOURI Fatima
Pr. TAZI Saoud Anas

Pathologie Chirurgicale
Médecine-Interne
Gynécologie -Obstétrique
Anatomie-Pathologique
Anesthésie Réanimation

Février Avril Juillet et Décembre 1991

Pr. AL HAMANY Zaïtounia
Pr. AZZOUZI Abderrahim
Pr. BAYAHIA Rabéa
Pr. BELKOUCHI Abdelkader
Pr. BENCHEKROUN Belabbes Abdellatif
Pr. BENSOUDA Yahia
Pr. BERRAHO Amina
Pr. BEZZAD Rachid
Pr. CHABRAOUI Layachi
Pr. CHERRAH Yahia
Pr. CHOKAIRI Omar
Pr. KHATTAB Mohamed
Pr. SOULAYMANI Rachida
Pr. TAOUFIK Jamal

Anatomie-Pathologique
Anesthésie Réanimation –*Doyen de la FMPO*
Néphrologie
Chirurgie Générale
Chirurgie Générale
Pharmacie galénique
Ophtalmologie
Gynécologie Obstétrique
Biochimie et Chimie
Pharmacologie
Histologie Embryologie
Pédiatrie
Pharmacologie – *Dir. du Centre National PV*
Chimie thérapeutique

Décembre 1992

Pr. AHALLAT Mohamed
Pr. BENSOUDA Adil
Pr. BOUJIDA Mohamed Najib

Chirurgie Générale
Anesthésie Réanimation
Radiologie

Pr. CHAHED OUAZZANI Laaziza
 Pr. CHRAIBI Chafiq
 Pr. DAOUDI Rajae
 Pr. DEHAYNI Mohamed*
 Pr. EL OUAHABI Abdessamad
 Pr. FELLAT Rokaya
 Pr. GHAFIR Driss*
 Pr. JIDDANE Mohamed
 Pr. TAGHY Ahmed
 Pr. ZOUHDI Mimoun

Mars 1994

Pr. BENJAAFAR Nouredine
 Pr. BEN RAIS Nozha
 Pr. CAOUI Malika
 Pr. CHRAIBI Abdelmjid
 Pr. EL AMRANI Sabah
 Pr. EL AOUAD Rajae
 Pr. EL BARDOUNI Ahmed
 Pr. EL HASSANI My Rachid
 Pr. ERROUGANI Abdelkader
 Pr. ESSAKALI Malika
 Pr. ETTAYEBI Fouad
 Pr. HADRI Larbi*
 Pr. HASSAM Badredine
 Pr. IFRINE Lahssan
 Pr. JELTHI Ahmed
 Pr. MAHFOUD Mustapha
 Pr. MOUDENE Ahmed*
 Pr. RHRAB Brahim
 Pr. SENOUCI Karima

Mars 1994

Pr. ABBAR Mohamed*
 Pr. ABDELHAK M'barek
 Pr. BELAIDI Halima
 Pr. BRAHMI Rida Slimane
 Pr. BENTAHILA Abdelali
 Pr. BENYAHIA Mohammed Ali
 Pr. BERRADA Mohamed Saleh
 Pr. CHAMI Ilham
 Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae
 Pr. EL ABBADI Najia
 Pr. HANINE Ahmed*
 Pr. JALIL Abdelouahed

Gastro-Entérologie
 Gynécologie Obstétrique
 Ophtalmologie
 Gynécologie Obstétrique
 Neurochirurgie
 Cardiologie
 Médecine Interne
 Anatomie
 Chirurgie Générale
 Microbiologie

Radiothérapie
 Biophysique
 Biophysique
 Endocrinologie et Maladies Métaboliques
 Gynécologie Obstétrique
 Immunologie
 Traumato-Orthopédie
 Radiologie
 Chirurgie Générale- *Directeur CHIS*
 Immunologie
 Chirurgie Pédiatrique
 Médecine Interne
 Dermatologie
 Chirurgie Générale
 Anatomie Pathologique
 Traumatologie – Orthopédie
 Traumatologie- Orthopédie
 Gynécologie –Obstétrique
 Dermatologie

Urologie
 Chirurgie Pédiatrique
 Neurologie
 Gynécologie Obstétrique
 Pédiatrie
 Gynécologie Obstétrique
 Traumatologie – Orthopédie
 Radiologie
 Ophtalmologie
 Neurochirurgie
 Radiologie
 Chirurgie Générale

Pr. LAKHDAR Amina
Pr. MOUANE Nezha

Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie

Mars 1995

Pr. ABOUQUAL Redouane
Pr. AMRAOUI Mohamed
Pr. BAIDADA Abdelaziz
Pr. BARGACH Samir
Pr. CHAARI Jilali*
Pr. DIMOU M'barek*
Pr. DRISSI KAMILI Med Nordine*
Pr. EL MESNAOUI Abbas
Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila
Pr. HDA Abdelhamid*
Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed
Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia
Pr. SEFIANI Abdelaziz
Pr. ZEGGWAGH Amine Ali

Réanimation Médicale
Chirurgie Générale
Gynécologie Obstétrique
Gynécologie Obstétrique
Médecine Interne
Anesthésie Réanimation
Anesthésie Réanimation
Chirurgie Générale
Oto-Rhino-Laryngologie
Cardiologie - **Dir. HMIMV**
Urologie
Ophtalmologie
Génétique
Réanimation Médicale

Décembre 1996

Pr. AMIL Touriya*
Pr. BELKACEM Rachid
Pr. BOULANOUEAR Abdelkrim
Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan
Pr. GAOUZI Ahmed
Pr. MAHFOUDI M'barek*
Pr. MOHAMMADI Mohamed
Pr. OUADGHIRI Mohamed
Pr. OUZEDDOUN Naima
Pr. ZBIR EL Mehdi*

Radiologie
Chirurgie Pédiatrie
Ophtalmologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Radiologie
Médecine Interne
Traumatologie-Orthopédie
Néphrologie
Cardiologie

Novembre 1997

Pr. ALAMI Mohamed Hassan
Pr. BEN SLIMANE Lounis
Pr. BIROUK Nazha
Pr. CHAOUIR Souad*
Pr. ERREIMI Naima
Pr. FELLAT Nadia
Pr. HAIMEUR Charki*
Pr. KADDOURI Nouredine
Pr. KOUTANI Abdellatif
Pr. LAHLOU Mohamed Khalid
Pr. MAHRAOUI CHAFIQ
Pr. OUAHABI Hamid*
Pr. TAOUFIQ Jallal

Gynécologie-Obstétrique
Urologie
Neurologie
Radiologie
Pédiatrie
Cardiologie
Anesthésie Réanimation
Chirurgie Pédiatrique
Urologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Neurologie
Psychiatrie

Pr. YOUSFI MALKI Mounia

Novembre 1998

Pr. AFIFI RAJAA

Pr. BENOMAR ALI

Pr. BOUGTAB Abdesslam

Pr. ER RIHANI Hassan

Pr. EZZAITOUNI Fatima

Pr. LAZRAK Khalid *

Pr. BENKIRANE Majid*

Pr. KHATOURI ALI*

Pr. LABRAIMI Ahmed*

Janvier 2000

Pr. ABID Ahmed*

Pr. AIT OUMAR Hassan

Pr. BENJELLOUN Dakhama Badr.Sououd

Pr. BOURKADI Jamal-Eddine

Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer

Pr. ECHARRAB El Mahjoub

Pr. EL FTOUH Mustapha

Pr. EL MOSTARCHID Brahim*

Pr. ISMAILI Hassane*

Pr. MAHMOUDI Abdelkrim*

Pr. TACHINANTE Rajae

Pr. TAZI MEZALEK Zoubida

Novembre 2000

Pr. AIDI Saadia

Pr. AIT OURHROUI Mohamed

Pr. AJANA Fatima Zohra

Pr. BENAMR Said

Pr. CHERTI Mohammed

Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma

Pr. EL HASSANI Amine

Pr. EL KHADER Khalid

Pr. EL MAGHRAOUI Abdellah*

Pr. GHARBI Mohamed El Hassan

Pr. HSSAIDA Rachid*

Pr. LAHLOU Abdou

Pr. MAFTAH Mohamed*

Pr. MAHASSINI Najat

Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae

Pr. NASSIH Mohamed*

Pr. ROUIMI Abdelhadi*

Gynécologie Obstétrique

Gastro-Entérologie

Neurologie – ***Doyen Abulcassis***

Chirurgie Générale

Oncologie Médicale

Néphrologie

Traumatologie Orthopédie

Hématologie

Cardiologie

Anatomie Pathologique

Pneumophtisiologie

Pédiatrie

Pédiatrie

Pneumo-ptisiologie

Chirurgie Générale

Chirurgie Générale

Pneumo-ptisiologie

Neurochirurgie

Traumatologie Orthopédie

Anesthésie-Réanimation **inspecteur SS**

Anesthésie-Réanimation

Médecine Interne

Neurologie

Dermatologie

Gastro-Entérologie

Chirurgie Générale

Cardiologie

Anesthésie-Réanimation

Pédiatrie

Urologie

Rhumatologie

Endocrinologie et Maladies Métaboliques

Anesthésie-Réanimation

Traumatologie Orthopédie

Neurochirurgie

Anatomie Pathologique

Pédiatrie

Stomatologie Et Chirurgie Maxillo-Faciale

Neurologie

Décembre 2000

Pr. ZOHAIR ABDELAH*

ORL

Décembre 2001

Pr. ABABOU Adil
Pr. BALKHI Hicham*
Pr. BENABDELJLIL Maria
Pr. BENAMAR Loubna
Pr. BENAMOR Jouda
Pr. BENELBARHDADI Imane
Pr. BENNANI Rajae
Pr. BENOUACHANE Thami
Pr. BEZZA Ahmed*
Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi
Pr. BOUMDIN El Hassane*
Pr. CHAT Latifa
Pr. DAALI Mustapha*
Pr. DRISSI Sidi Mourad*
Pr. EL HIJRI Ahmed
Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid
Pr. EL MADHI Tarik
Pr. EL OUNANI Mohamed
Pr. ETTAIR Said
Pr. GAZZAZ Miloudi*
Pr. HRORA Abdelmalek
Pr. KABBAJ Saad
Pr. KABIRI EL Hassane*
Pr. LAMRANI Moulay Omar
Pr. LEKEHAL Brahim
Pr. MAHASSIN Fattouma*
Pr. MEDARHRI Jalil
Pr. MIKDAME Mohammed*
Pr. MOHSINE Raouf
Pr. NOUINI Yassine
Pr. SABBAH Farid
Pr. SEFIANI Yasser
Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia

Anesthésie-Réanimation
Anesthésie-Réanimation
Neurologie
Néphrologie
Pneumo-phtisiologie
Gastro-Entérologie
Cardiologie
Pédiatrie
Rhumatologie
Anatomie
Radiologie
Radiologie
Chirurgie Générale
Radiologie
Anesthésie-Réanimation
Neuro-Chirurgie
Chirurgie-Pédiatrique
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Neuro-Chirurgie
Chirurgie Générale
Anesthésie-Réanimation
Chirurgie Thoracique
Traumatologie Orthopédie
Chirurgie Vasculaire Périphérique
Médecine Interne
Chirurgie Générale
Hématologie Clinique
Chirurgie Générale
Urologie
Chirurgie Générale
Chirurgie Vasculaire Périphérique
Pédiatrie

Décembre 2002

Pr. AL BOUZIDI Abderrahmane*
Pr. AMEUR Ahmed *
Pr. AMRI Rachida
Pr. AOURARH Aziz*
Pr. BAMOU Youssef *
Pr. BELMEJDOUB Ghizlene*

Anatomie Pathologique
Urologie
Cardiologie
Gastro-Entérologie
Biochimie-Chimie
Endocrinologie et Maladies Métaboliques

Pr. BENZEKRI Laila
 Pr. BENZZOUBEIR Nadia
 Pr. BERNOUSSI Zakiya
 Pr. BICHRA Mohamed Zakariya*
 Pr. CHOHO Abdelkrim *
 Pr. CHKIRATE Bouchra
 Pr. EL ALAMI EL FELLOUS Sidi Zouhair
 Pr. EL HAOURI Mohamed *
 Pr. EL MANSARI Omar*
 Pr. FILALI ADIB Abdelhai
 Pr. HAJJI Zakia
 Pr. IKEN Ali
 Pr. JAAFAR Abdeloihab*
 Pr. KRIOUILE Yamina
 Pr. LAGHMARI Mina
 Pr. MABROUK Hfid*
 Pr. MOUSSAOUI RAHALI Driss*
 Pr. MOUSTAGHFIR Abdelhamid*
 Pr. NAITLHO Abdelhamid*
 Pr. OUJILAL Abdelilah
 Pr. RACHID Khalid *
 Pr. RAISS Mohamed
 Pr. RGUIBI IDRISSE Sidi Mustapha*
 Pr. RHOU Hakima
 Pr. SIAH Samir *
 Pr. THIMOU Amal
 Pr. ZENTAR Aziz*

Janvier 2004

Pr. ABDELLAH El Hassan
 Pr. AMRANI Mariam
 Pr. BENBOUZID Mohammed Anas
 Pr. BENKIRANE Ahmed*
 Pr. BOUGHALEM Mohamed*
 Pr. BOULAADAS Malik
 Pr. BOURAZZA Ahmed*
 Pr. CHAGAR Belkacem*
 Pr. CHERRADI Nadia
 Pr. EL FENNI Jamal*
 Pr. EL HANCHI ZAKI
 Pr. EL KHORASSANI Mohamed
 Pr. EL YOUNASSI Badreddine*
 Pr. HACHI Hafid
 Pr. JABOUIRIK Fatima
 Pr. KHABOUZE Samira

Dermatologie
 Gastro-Entérologie
 Anatomie Pathologique
 Psychiatrie
 Chirurgie Générale
 Pédiatrie
 Chirurgie Pédiatrique
 Dermatologie
 Chirurgie Générale
 Gynécologie Obstétrique
 Ophtalmologie
 Urologie
 Traumatologie Orthopédie
 Pédiatrie
 Ophtalmologie
 Traumatologie Orthopédie
 Gynécologie Obstétrique
 Cardiologie
 Médecine Interne
 Oto-Rhino-Laryngologie
 Traumatologie Orthopédie
 Chirurgie Générale
 Pneumophtisiologie
 Néphrologie
 Anesthésie Réanimation
 Pédiatrie
 Chirurgie Générale

Ophtalmologie
 Anatomie Pathologique
 Oto-Rhino-Laryngologie
 Gastro-Entérologie
 Anesthésie Réanimation
 Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
 Neurologie
 Traumatologie Orthopédie
 Anatomie Pathologique
 Radiologie
 Gynécologie Obstétrique
 Pédiatrie
 Cardiologie
 Chirurgie Générale
 Pédiatrie
 Gynécologie Obstétrique

Pr. KHARMAZ Mohamed
Pr. LEZREK Mohammed*
Pr. MOUGHIL Said
Pr. OUBAAZ Abdelbarre*
Pr. TARIB Abdelilah*
Pr. TIJAMI Fouad
Pr. ZARZUR Jamila

Traumatologie Orthopédie
Urologie
Chirurgie Cardio-Vasculaire
Ophtalmologie
Pharmacie Clinique
Chirurgie Générale
Cardiologie

Janvier 2005

Pr. ABBASSI Abdellah
Pr. AL KANDRY Sif Eddine*
Pr. ALAOUI Ahmed Essaid
Pr. ALLALI Fadoua
Pr. AMAZOUZI Abdellah
Pr. AZIZ Nouredine*
Pr. BAHIRI Rachid
Pr. BARKAT Amina
Pr. BENHALIMA Hanane
Pr. BENYASS Aatif
Pr. BERNOUSSI Abdelghani
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Mohamed
Pr. DOUDOUH Abderrahim*
Pr. EL HAMZAOUI Sakina*
Pr. HAJJI Leila
Pr. HESSISSEN Leila
Pr. JIDAL Mohamed*
Pr. LAAROUSSI Mohamed
Pr. LYAGOUBI Mohammed
Pr. NIAMANE Radouane*
Pr. RAGALA Abdelhak
Pr. SBIHI Souad
Pr. ZERAIDI Najia

Chirurgie Réparatrice et Plastique
Chirurgie Générale
Microbiologie
Rhumatologie
Ophtalmologie
Radiologie
Rhumatologie
Pédiatrie
Stomatologie et Chirurgie Maxillo Faciale
Cardiologie
Ophtalmologie
Ophtalmologie
Biophysique
Microbiologie
Cardiologie (*mise en disponibilité*)
Pédiatrie
Radiologie
Chirurgie Cardio-vasculaire
Parasitologie
Rhumatologie
Gynécologie Obstétrique
Histo-Embryologie Cytogénétique
Gynécologie Obstétrique

Décembre 2005

Pr. CHANI Mohamed

Anesthésie Réanimation

Avril 2006

Pr. ACHEMLAL Lahsen*
Pr. AKJOUJ Said*
Pr. BELMEKKI Abdelkader*
Pr. BENCHEIKH Razika
Pr. BIYI Abdelhamid*
Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine
Pr. BOULAHYA Abdellatif*
Pr. CHENGUETI ANSARI Anas
Pr. DOGHMI Nawal

Rhumatologie
Radiologie
Hématologie
O.R.L
Biophysique
Chirurgie - Pédiatrique
Chirurgie Cardio – Vasculaire
Gynécologie Obstétrique
Cardiologie

Pr. ESSAMRI Wafaa
 Pr. FELLAT Ibtissam
 Pr. FAROUDY Mamoun
 Pr. GHADOUANE Mohammed*
 Pr. HARMOUCHE Hicham
 Pr. HANAFI Sidi Mohamed*
 Pr. IDRIS LAHLOU Amine*
 Pr. JROUNDI Laila
 Pr. KARMOUNI Tariq
 Pr. KILI Amina
 Pr. KISRA Hassan
 Pr. KISRA Mounir
 Pr. LAATIRIS Abdelkader*
 Pr. LMIMOUNI Badreddine*
 Pr. MANSOURI Hamid*
 Pr. OUANASS Abderrazzak
 Pr. SAFI Soumaya*
 Pr. SEKKAT Fatima Zahra
 Pr. SOUALHI Mouna
 Pr. TELLAL Saïda*
 Pr. ZAHRAOUI Rachida

Octobre 2007

Pr. ABIDI Khalid
 Pr. ACHACHI Leila
 Pr. ACHOUR Abdessamad*
 Pr. AIT HOUSSA Mahdi*
 Pr. AMHAJJI Larbi*
 Pr. AMMAR Haddou*
 Pr. AOUI Sarra
 Pr. BAITE Abdelouahed*
 Pr. BALOUCH Lhousaine*
 Pr. BENZIANE Hamid*
 Pr. BOUTIMZINE Nourdine
 Pr. CHARKAOUI Naoual*
 Pr. EHIRCHIOU Abdelkader*
 Pr. ELABSI Mohamed
 Pr. EL MOUSSAOUI Rachid
 Pr. EL OMARI Fatima
 Pr. GANA Rachid
 Pr. GHARIB Noureddine
 Pr. HADADI Khalid*
 Pr. ICHOU Mohamed*
 Pr. ISMAILI Nadia
 Pr. KEBDANI Tayeb

Gastro-entérologie
 Cardiologie
 Anesthésie Réanimation
 Urologie
 Médecine Interne
 Anesthésie Réanimation
 Microbiologie
 Radiologie
 Urologie
 Pédiatrie
 Psychiatrie
 Chirurgie – Pédiatrique
 Pharmacie Galénique
 Parasitologie
 Radiothérapie
 Psychiatrie
 Endocrinologie
 Psychiatrie
 Pneumo – Phtisiologie
 Biochimie
 Pneumo – Phtisiologie

Réanimation médicale
 Pneumo phtisiologie
 Chirurgie générale
 Chirurgie cardio vasculaire
 Traumatologie orthopédie
 ORL
 Parasitologie
 Anesthésie réanimation **directeur ERSSM**
 Biochimie-chimie
 Pharmacie clinique
 Ophtalmologie
 Pharmacie galénique
 Chirurgie générale
 Chirurgie générale
 Anesthésie réanimation
 Psychiatrie
 Neuro chirurgie
 Chirurgie plastique et réparatrice
 Radiothérapie
 Oncologie médicale
 Dermatologie
 Radiothérapie

Pr. LALAOUI SALIM Jaafar*
 Pr. LOUZI Lhoussain*
 Pr. MADANI Naoufel
 Pr. MAHI Mohamed*
 Pr. MARC Karima
 Pr. MASRAR Azlarab
 Pr. MOUTAJ Redouane *
 Pr. MRABET Mustapha*
 Pr. MRANI Saad*
 Pr. OUZZIF Ez zohra*
 Pr. RABHI Monsef*
 Pr. RADOUANE Bouchaib*
 Pr. SEFFAR Myriame
 Pr. SEKHSOKH Yessine*
 Pr. SIFAT Hassan*
 Pr. TABERKANET Mustafa*
 Pr. TACHFOUTI Samira
 Pr. TAJDINE Mohammed Tariq*
 Pr. TANANE Mansour*
 Pr. TLIGUI Houssain
 Pr. TOUATI Zakia

Décembre 2007

Pr. DOUHAL ABDERRAHMAN

Décembre 2008

Pr ZOUBIR Mohamed*
 Pr TAHIRI My El Hassan*

Mars 2009

Pr. ABOUZAHIR Ali*
 Pr. AGDR Aomar*
 Pr. AIT ALI Abdelmounaim*
 Pr. AIT BENHADDOU El hachmia
 Pr. AKHADDAR Ali*
 Pr. ALLALI Nazik
 Pr. AMAHZOUNE Brahim*
 Pr. AMINE Bouchra
 Pr. ARKHA Yassir
 Pr. AZENDOUR Hicham*
 Pr. BELYAMANI Lahcen*
 Pr. BJIJOU Younes
 Pr. BOUHSAIN Sanae*
 Pr. BOUI Mohammed*
 Pr. BOUNAIM Ahmed*

Anesthésie réanimation
 Microbiologie
 Réanimation médicale
 Radiologie
 Pneumo phtisiologie
 Hématologie biologique
 Parasitologie
 Médecine préventive santé publique et hygiène
 Virologie
 Biochimie-chimie
 Médecine interne
 Radiologie
 Microbiologie
 Microbiologie
 Radiothérapie
 Chirurgie vasculaire périphérique
 Ophtalmologie
 Chirurgie générale
 Traumatologie orthopédie
 Parasitologie
 Cardiologie

Ophtalmologie

Anesthésie Réanimation
 Chirurgie Générale

Médecine interne
 Pédiatre
 Chirurgie Générale
 Neurologie
 Neuro-chirurgie
 Radiologie
 Chirurgie Cardio-vasculaire
 Rhumatologie
 Neuro-chirurgie
 Anesthésie Réanimation
 Anesthésie Réanimation
 Anatomie
 Biochimie-chimie
 Dermatologie
 Chirurgie Générale

Pr. BOUSSOUGA Mostapha*
 Pr. CHAKOUR Mohammed *
 Pr. CHTATA Hassan Toufik*
 Pr. DOGHMI Kamal*
 Pr. EL MALKI Hadj Omar
 Pr. EL OUENNASS Mostapha*
 Pr. ENNIBI Khalid*
 Pr. FATHI Khalid
 Pr. HASSIKOU Hasna *
 Pr. KABBAJ Nawal
 Pr. KABIRI Meryem
 Pr. KARBOUBI Lamya
 Pr. L'KASSIMI Hachemi*
 Pr. LAMSAOURI Jamal*
 Pr. MARMADE Lahcen
 Pr. MESKINI Toufik
 Pr. MESSAOUDI Nezha *
 Pr. MSSROURI Rahal
 Pr. NASSAR Ittimade
 Pr. OUKERRAJ Latifa
 Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani *
 Pr. ZOUHAIR Said*

PROFESSEURS AGREGES :
Octobre 2010

Pr. ALILOU Mustapha
 Pr. AMEZIANE Taoufiq*
 Pr. BELAGUID Abdelaziz
 Pr. BOUAITY Brahim*
 Pr. CHADLI Mariama*
 Pr. CHEMSI Mohamed*
 Pr. DAMI Abdellah*
 Pr. DARBI Abdellatif*
 Pr. DENDANE Mohammed Anouar
 Pr. EL HAFIDI Naima
 Pr. EL KHARRAS Abdennasser*
 Pr. EL MAZOUZ Samir
 Pr. EL SAYEGH Hachem
 Pr. ERRABIH Ikram
 Pr. LAMALMI Najat
 Pr. LEZREK Mounir
 Pr. MALIH Mohamed*
 Pr. MOSADIK Ahlam
 Pr. MOUJAHID Mountassir*
 Pr. NAZIH Mouna*

Traumatologie orthopédique
 Hématologie biologique
 Chirurgie vasculaire périphérique
 Hématologie clinique
 Chirurgie Générale
 Microbiologie
 Médecine interne
 Gynécologie obstétrique
 Rhumatologie
 Gastro-entérologie
 Pédiatrie
 Pédiatrie
 Microbiologie
 Chimie Thérapeutique
 Chirurgie Cardio-vasculaire
 Pédiatrie
 Hématologie biologique
 Chirurgie Générale
 Radiologie
 Cardiologie
 Pneumo-phtisiologie
 Microbiologie

Anesthésie réanimation
 Médecine interne
 Physiologie
 ORL
 Microbiologie
 Médecine aéronautique
 Biochimie chimie
 Radiologie
 Chirurgie pédiatrique
 Pédiatrie
 Radiologie
 Chirurgie plastique et réparatrice
 Urologie
 Gastro entérologie
 Anatomie pathologique
 Ophtalmologie
 Pédiatrie
 Anesthésie Réanimation
 Chirurgie générale
 Hématologie

Pr. ZOUAIDIA Fouad

Mai 2012

Pr. AMRANI Abdelouahed

Pr. ABOUELALAA Khalil*

Pr. BELAIZI Mohamed*

Pr. BENCHEBBA Driss*

Pr. DRISSI Mohamed*

Pr. EL ALAOUI MHAMDI Mouna

Pr. EL KHATTABI Abdessadek*

Pr. EL OUAZZANI Hanane*

Pr. ER-RAJI Mounir

Pr. JAHID Ahmed

Pr. MEHSSANI Jamal*

Pr. RAISSOUNI Maha*

Anatomie pathologique

Chirurgie Pédiatrique

Anesthésie Réanimation

Psychiatrie

Traumatologie Orthopédique

Anesthésie Réanimation

Chirurgie Générale

Médecine Interne

Pneumophtisiologie

Chirurgie Pédiatrique

Anatomie pathologique

Psychiatrie

Cardiologie

Février 2013

Pr. AHID Samir

Pr. AIT EL CADI Mina

Pr. AMRANI HANCHI Laila

Pr. AMOUR Mourad

Pr. AWAB Almahdi

Pr. BELAYACHI Jihane

Pr. BELKHADIR Zakaria Houssain

Pr. BENCHEKROUN Laila

Pr. BENKIRANE Souad

Pr. BENNANA Ahmed*

Pr. BENSEFFAJ Nadia

Pr. BENSCHIR Mustapha*

Pr. BENYAHIA Mohammed*

Pr. BOUATIA Mustapha

Pr. BOUABID Ahmed Salim*

Pr. BOUTARBOUCH Mahjouba

Pr. CHAIB Ali*

Pr. DENDANE Tarek

Pr. DINI Nouzha*

Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Mohamed Ali

Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Najwa

Pr. ELFATEMI Nizare

Pr. EL GUERROUJ Hasnae

Pr. EL HARTI Jaouad

Pr. EL JOUDI Rachid*

Pr. EL KABABRI Maria

Pr. EL KHANNOUSSI Basma

Pr. EL KHLOUFI Samir

Pr. EL KORAICHI Alae

Pharmacologie – Chimie

Toxicologie

Gastro-Entérologie

Anesthésie Réanimation

Anesthésie Réanimation

Réanimation Médicale

Anesthésie Réanimation

Biochimie-Chimie

Hématologie biologique

Informatique Pharmaceutique

Immunologie

Anesthésie Réanimation

Néphrologie

Chimie Analytique

Traumatologie Orthopédie

Anatomie

Cardiologie

Réanimation Médicale

Pédiatrie

Anesthésie Réanimation

Radiologie

Neuro-Chirurgie

Médecine Nucléaire

Chimie Thérapeutique

Toxicologie

Pédiatrie

Anatomie Pathologie

Anatomie

Anesthésie Réanimation

Pr. EN-NOUALI Hassane*
 Pr. ERRGUIG Laila
 Pr. FIKRI Meryim
 Pr. GHANIMI Zineb
 Pr. GHFIR Imade
 Pr. IMANE Zineb
 Pr. IRAQI Hind
 Pr. KABBAJ Hakima
 Pr. KADIRI Mohamed*
 Pr. LATIB Rachida
 Pr. MAAMAR Mouna Fatima Zahra
 Pr. MEDDAH Bouchra
 Pr. MELHAOUI Adyl
 Pr. MRABTI Hind
 Pr. NEJJARI Rachid
 Pr. OUBEJJA Houda
 Pr. OUKABLI Mohamed*
 Pr. RAHALI Younes
 Pr. RATBI Ilham
 Pr. RAHMANI Mounia
 Pr. REDA Karim*
 Pr. REGRAGUI Wafa
 Pr. RKAIN Hanan
 Pr. ROSTOM Samira
 Pr. ROUAS Lamiaa
 Pr. ROUIBAA Fedoua*
 Pr. SALIHOUN Mouna
 Pr. SAYAH Rochde
 Pr. SEDDIK Hassan*
 Pr. ZERHOUNI Hicham
 Pr. ZINE Ali*

Avril 2013

Pr. EL KHATIB Mohamed Karim*
 Pr. GHOUNDALE Omar*
 Pr. ZYANI Mohammad*

Radiologie
 Physiologie
 Radiologie
 Pédiatrie
 Médecine Nucléaire
 Pédiatrie
 Endocrinologie et maladies métaboliques
 Microbiologie
 Psychiatrie
 Radiologie
 Médecine Interne
 Pharmacologie
 Neuro-chirurgie
 Oncologie Médicale
 Pharmacognosie
 Chirurgie Pédiatrique
 Anatomie Pathologique
 Pharmacie Galénique
 Génétique
 Neurologie
 Ophtalmologie
 Neurologie
 Physiologie
 Rhumatologie
 Anatomie Pathologique
 Gastro-Entérologie
 Gastro-Entérologie
 Chirurgie Cardio-Vasculaire
 Gastro-Entérologie
 Chirurgie Pédiatrique
 Traumatologie Orthopédie

Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
 Urologie
 Médecine Interne

**Enseignants Militaires*

2- ENSEIGNANTS – CHERCHEURS SCIENTIFIQUES

PROFESSEURS / PRs. HABILITES

Pr. ABOUDRAR Saadia	Physiologie
Pr. ALAMI OUHABI Naima	Biochimie – chimie
Pr. ALAOUI KATIM	Pharmacologie
Pr. ALAOUI SLIMANI Lalla Naïma	Histologie-Embryologie
Pr. ANSAR M'hammed	Chimie Organique et Pharmacie Chimique
Pr. BOUHOUCHE Ahmed	Génétique Humaine
Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz	Applications Pharmaceutiques
Pr. BOURJOUANE Mohamed	Microbiologie
Pr. BARKYOU Malika	Histologie-Embryologie
Pr. CHAHED OUZZANI Lalla Chadia	Biochimie – chimie
Pr. DAKKA Taoufiq	Physiologie
Pr. DRAOUI Mustapha	Chimie Analytique
Pr. EL GUESSABI Lahcen	Pharmacognosie
Pr. ETTAIB Abdelkader	Zootchnie
Pr. FAOUZI Moulay El Abbes	Pharmacologie
Pr. HAMZAOUI Laila	Biophysique
Pr. HMAMOUCHE Mohamed	Chimie Organique
Pr. IBRAHIMI Azeddine	Biologie moléculaire
Pr. KHANFRI Jamal Eddine	Biologie
Pr. OULAD BOUYAHYA IDRIS Med	Chimie Organique
Pr. REDHA Ahlam	Chimie
Pr. TOUATI Driss	Pharmacognosie
Pr. ZAHIDI Ahmed	Pharmacologie
Pr. ZELLOU Amina	Chimie Organique

Mise à jour le 09/01/2015 par le
Service des Ressources Humaines

- 9 JAN 2015



Dédicaces



Je dédie ce travail

*A Allah
Tout puissant
Qui m'a inspiré
Qui m'a guidé dans le bon chemin
Je vous dois ce que je suis devenu
Louanges et remerciements
Pour votre clémence et miséricorde*

À ma mère, qui m'a transmis la sagesse de la modestie et l'amour d'autrui, et qui partage mes joies et mes chagrins.

À mon père qui a toujours été d'un grand support mental. Il restera toujours mon modèle à suivre.

À mes chers frères: Mounir et Yassine. Complicité fraternelle et amour inconditionnel nous réunissent.

À mon cher ami Zakaria Raiss, qui a partagé avec moi études et loisirs de vie, joies et désillusions, et que je considère frère avant tout.

À tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, notamment Dr. Jawad Rochdi, qui s'est montré d'une grande patience et d'une modestie exemplaire lors de ses conseils et encadrements de ma thèse.

À tous ceux qui m'ont transmis leur savoir depuis la maternelle jusqu'à ce jour.

À tous ceux connus ou inconnus qui vont feuilleter un jour ce travail.

À tous ceux qui ont pour mission cette pénible tâche de soulager l'être humain, d'essayer de lui procurer le bien être physique, psychique et social.

À tous les malades...que dieu nous aide à apaiser vos souffrances...

À tous ceux dont l'oubli du nom n'est pas celui du cœur.

Remerciements



A

***NOTRE MAITRE ET PRESIDENT DE THESE,
MONSIEUR LE PROFESSEUR A. BOULAHYA
PROFESSEUR DE CHIRURGIE CARDIO-VASCULAIRE***

*Vous nous avez fait un grand honneur en acceptant de présider
ce jury malgré vos multiples occupations.*

*Vos qualités d'homme de science votre modestie votre disponibilité
envers vos collègues et vos étudiants ont forcé l'admiration de tous.*

Veuillez accepter mes vifs remerciements.

A

**NOTRE MAITRE ET RAPPORTEUR DE THESE,
MONSIEUR LE PROFESSEUR A. BELMEKKI
PROFESSEUR D'HEMATOLOGIE**

*Ma profonde reconnaissance et mes vifs remerciements pour
m'avoir accordé de votre temps si demandé et pour avoir accepté
d'être mon rapporteur.*

*Je vous remercie de m'avoir permis de réaliser et mener
à bien cette thèse, vos conseils, votre grande disponibilité et votre
soutien ont été considérablement précieux et surtout décisifs pour le
dénouement de cette thèse.*

*Veillez accepter toute ma reconnaissance et mon plus profond
respect.*

A

***NOTRE MAITRE ET JUGE DE THESE,
MONSIEUR LE PROFESSEUR S. SIAH
PROFESSEUR D'ANESTHESIE-REANIMATION***

*Je vous remercie pour avoir accepté de siéger dans le jury
de ma thèse et pour la gentillesse et le soutien que vous m'avez
accordé.*

*Permettez-moi de vous apporter le témoignage de ma profonde
reconnaissance.*

A

**NOTRE MAITRE ET JUGE DE THESE,
MONSIEUR LE PROFESSEUR H. MANSOURI
PROFESSEUR DE RADIOTHERAPIE**

*Je tiens à vous remercier d'avoir eu la bonté d'accepter la position
de membre de jury.*

*Votre simplicité, votre disponibilité constante, votre rigueur,
votre dynamisme font de vous un maître apprécié de tous.*

*Veillez accepter le témoignage de notre sincère reconnaissance
et profonde gratitude.*

A

**NOTRE MAITRE ET JUGE DE THESE,
MONSIEUR LE PROFESSEUR S. MRANI
PROFESSEUR DE VIROLOGIE**

*Je suis très sensible à l'honneur que vous me faites en acceptant
de juger ce travail.*

*J'ai apprécié votre gentillesse, votre simplicité et l'accueil que
vous m'avez réservé.*

*Veuillez accepter, cher maître, le témoignage de ma gratitude,
ma haute considération et mon profond respect.*

A

**NOTRE MAÎTRE ET JUGE DE THÈSE,
MONSIEUR LE PROFESSEUR T. DENDANE
PROFESSEUR DE REANIMATION MEDICALE**

*Je vous remercie vivement de l'honneur que vous me faites en
acceptant de siéger parmi notre jury de thèse.*

*Je suis très reconnaissant de la spontanéité avec laquelle vous avez
accepté de juger notre travail.*

*Veillez croire, cher maître, à l'assurance de notre respect et notre
considération.*

SOMMAIRE :

Introduction	1
Chapitre I : Généralités	3
A- Histoire de la transfusion sanguine	4
B- Généralités sur la transfusion sanguine	13
1- Définition de la transfusion sanguine	13
2- Bases immunologiques de la transfusion	14
3- Composants sanguins à usage thérapeutique	27
4- Sécurité transfusionnelle	31
5- Effets secondaires de la transfusion	36
Chapitre II : La transfusion sanguine en situation de guerre	49
A- L'expérience américaine	51
1- La Première Guerre mondiale	51
2- La Deuxième Guerre mondiale	53
3- La crise de Corée	57
4- La crise du Vietnam	58
5- La Guerre Froide	60
6- La crise du Golfe	62
7- La crise d'Irak	64
B- L'expérience française	67
1- L'expérience du service de santé des armées	67
2- L'expérience du groupement médicochirurgical Warehouse de Kaboul	74
Chapitre III : La transfusion sanguine en situation de catastrophe	78
A- L'effondrement des tours du World Trade Center	80
B- Le séisme de Bam	85
C- Le tsunami de Sri Lanka	90
D- Le séisme du Cachemire	97
E- L'effondrement du pont de Minneapolis	103
F- Séisme de Wen Chuan	107
Conclusion	113
Résumé	116
Bibliographie	120

Liste des abréviations :

TS :	Transfusion sanguine
CTS :	Centre de transfusion sanguine
MCPS :	Mélanges de concentrés plaquettaires standard déleucocytés
CPA :	Concentrés plaquettaires d'aphérèse
HLA :	Human leucocyte antigen
HPA :	Human platelet antigen
PFC :	Plasma frais congelé
HTLV :	Human T lymphotropic virus
PSL :	Produits sanguins labiles
DGV :	Dépistage génomique viral
CMV :	Virus du Cytomégalo virus
CJD :	Maladie de Creutzfeldt-Jakob
ESB :	Encéphalite spongiforme bovine
ATNC :	Agents transmissibles non conventionnels
CJD_v :	Forme variante de CJD
CP :	Concentrés plaquettaires
CGR :	Concentrés de globules rouges
CIVD :	Coagulation intraveineuse disséminée
TRALI :	Transfusion-related acute lung injury
PVA- SD :	Plasma viro-atténué traité par solvant-détergent
RGCH:	Réaction du greffon contre l'hôte
RGCH-PT :	Réaction du greffon contre l'hôte post-transfusionnelle
RFNH:	Réactions fébriles non hémolytiques
ACD :	Acide citrique-Citrate-Dextrose
CPD :	Citrate-Phosphate-Dextrose

CPDA-1 :	Citrate-Phosphate-Dextrose-Adénosine
OTAN:	Organisation du traité de l'Atlantique Nord
HSC :	Hôpital de Soutien des Combats
SSA :	Service de santé des armées
CTSA :	Centre de transfusion sanguine des armées
rFVIIa :	facteur VII activé recombinant
CGRD :	Concentré de globules rouges déleucocyté
Opex :	Opérations extérieures
SFT :	Sang frais total
PCSD :	Plasma cryodesséché sécurisé déleucocyté
FDA :	Food and Drugs Administration
IBTO :	Iranian Blood Transfusion Organization
SNTS :	Service National de Transfusion Sanguine
BSH :	Banques de Sang des Hôpitaux
HCMC :	Hennepin County Medical Center

Liste des tableaux et figures :

- Liste des tableaux :

Tableau I :	Système ABO : phénotypes, génotypes et anticorps.
Tableau II :	Les principaux groupes sanguins au delà du système ABO.
Tableau III	Classification des systèmes de groupes sanguins humains.
Tableau IV	Règles de compatibilité ABO pour la transfusion de GR.
Tableau V :	Les effets indésirables de la transfusion sanguine.
Tableau VI :	nombre des victimes ainsi que le sang disponible à New York et Washington D.C.
Tableau VII :	Dons de sang et sa distribution dans les quatre premiers jours suivant le séisme et dans une situation normale.
Tableau VIII :	les valeurs de laboratoire des victimes du séisme ayant reçu du sang (n=41).

- Liste des figures :

Fig. 1 :	Travaux de William Harvey.
Fig. 2 :	17ème et 18ème siècle, voies d'abord et instrumentation.
Fig. 3 :	Jean Scultet : Transfusion de sang d'agneau (1671).
Fig.4 :	(a) : Méthode classique de Blundell pour la transfusion directe donneur à receveur (b) Équipement amélioré montrant la collecte de sang dans un réservoir et la valve qui permet l'infusion par une seringue via une pression positive (c) Ensemble de l'appareillage fabriqué par Philip et Wicker de l'hôpital St James, Londres.
Fig.5 :	appareil de CURTIS et DAVID (1911).
Fig.6 :	Technique de WEILL (1915).
Fig.7 :	Technique de Lewisohn pour la transfusion de sang citraté.

Fig.8 :	Appareil de Tzanck de 1925.
Fig.9 :	Pompe à galets de Bakey de 1935.
Fig.10 :	Première poche en plastique de Walter et Murphy.
Fig.11 :	Les flèches indiquent les transfusions possibles (donneur vers receveur), en supposant l'absence d'hémolysines chez les donneurs.
Fig.12 :	Carte de contrôle ultime au lit du patient : conduite à tenir - Panneau de gauche: les hématies du donneur et du receveur donnent des réactions identiques et la transfusion est autorisée. - Panneau du milieu: le receveur possède un antigène que le donneur n'a pas, ceci n'interdit pas la transfusion qui est donc autorisée, ici on transfuse un sujet AB, groupe relativement rare, avec un CGR A fréquent. - Panneau de droite : il y a chez le donneur un antigène absent chez le receveur la transfusion est strictement interdite (en effet l'anti-A d'un receveur O provoquerait une hémolyse immédiate des hématies A du donneur).
Fig. 13 :	(a) : Kit portable britannique de transfusion conçu par le britannique Geoffrey Keynes du Royal Army Medical Corps, généralement pas d'anticoagulants utilisés, d'où la nécessité de transfuser le sang juste après sa collecte. (b) : La bouteille de transfusion sanguine de Robertson
Fig. 14 :	Campagne de don de sang dans un abri souterrain à Paris durant la 2 ^{ème} guerre mondiale, tenant leur formulaire et bouteille de verre où leur sang sera recueilli.
Fig. 15 :	Conteneurs de sang pour transfusion alignés sur un aérodrome en Normandie quelques jours après le jour J, qui viennent juste d'être débarquées d'un aéronef des Forces Armées des États-Unis. ETO signifie European Theater of Operations (théâtre d'opérations européen).
Fig. 16 :	Un infirmier américain administre du plasma sanguin à un soldat blessé.

Fig. 17 :	Transport aérien de Sang total vers la Corée
Fig. 18 :	Avions de transport C-47 entrain d'être déchargés à Tempelhof
Fig.19 :	Protocole de transfusion massive.
Fig.20:	Transport de CGRD par voie aérienne.
Fig.21 :	Dotation de 30 CGRD conditionnés pour un transport entre +2°C et +10°C.
Fig.22 :	Plasma cryodesséché sécurisé déleucocyté (PCSD). PPI (pour préparation injectable).
Fig. 23 :	Longue ligne d'attente des donneurs de sang bénévoles, le 11 septembre 2001.
Fig. 24 :	La ville de Bam, au Sud-Est de l'Iran, après le séisme.
Fig. 25 :	Unités de sang collectées par les différentes provinces et transportées vers Téhéran ou Kerman.
Fig. 26 :	Tsunami du Sri Lanka, décembre 2004.
Fig. 27 :	Distribution des besoins en globules rouges à l'hôpital d'Ampara. Pas de problème de disponibilité durant la semaine précédant et suivant le Tsunami (26/12/2004).
Fig. 28 :	Dons de sang au CTS à l'hôpital de Karapitya (province du Sud). Aucun don de sang pendant la semaine du tsunami et après.
Fig. 29 :	Dons de sang à l'hôpital principal de la province de l'Ouest avant et après le séisme.
Fig. 30 :	Image aérienne de Balakot, Pakistan, après le séisme.
Fig. 31 :	Effondrement de la Portion Nord du pont 35W. Les débris ont atteint 1.6 km de longueur.
Fig. 32:	Séisme de grande ampleur (8.0 sur l'échelle de Richter) ayant dévasté Wen Chuan, province de Sichuan, le 12 mai 2008.



INTRODUCTION



La transfusion sanguine est l'une des activités les plus sensibles et délicates dans un système de santé, en raison de la nature humaine des produits utilisés - sang et produits sanguins – et de la qualité du receveur, le patient. Ainsi, les pouvoirs sanitaires sont soumis à des impératifs d'ordre éthique pour protéger et sauver la vie humaine et d'ordre technique en vue d'introduire des techniques plus adaptées, garantes de la qualité et de la sécurité du produit.

La transfusion sanguine a connu un grand essor depuis la première et surtout la deuxième guerre mondiale, période qui a été marquée par des progrès scientifiques d'une importance capitale dans l'évolution de la pratique transfusionnelle.

La sécurité transfusionnelle est assurée par une maîtrise de toutes les étapes de la chaîne transfusionnelle depuis la collecte de sang, sa préparation et la qualification biologique, jusqu'à la réalisation de l'acte transfusionnel, et même le suivi des receveurs en vue de recueillir et d'évaluer les informations sur les effets imprévus ou indésirables résultant de l'utilisation thérapeutique des produits sanguins labiles afin d'en prévenir l'apparition.

La transfusion de produits sanguins labiles en situations d'exception constitue un des éléments majeurs pour le soutien médico-chirurgical, aussi bien, lors des opérations militaires extérieures, que durant les catastrophes naturelles.

Cependant, le système transfusionnel en ces situations, connaît de nombreuses difficultés allant de l'infrastructure des lieux, à l'organisation et mobilisation des banques de sang, la disponibilité du sang et des donneurs, en cas de besoins.

Le but de ce travail est de :

- Décrire le système transfusionnel, son organisation structurelle ;
- Montrer l'intérêt des guerres et catastrophes dans le développement de la transfusion sanguine ;
- Décrire l'organisation pratique du système transfusionnel en situations d'exceptions, et les obstacles qui entravent souvent sa mise en pratique ;
- Définir les perspectives d'avenir, et l'orientation stratégique pour le développement du système transfusionnel en situations d'exception.



CHAPITRE I :

GÉNÉRALITÉS



A- Histoire de la transfusion sanguine : [1-7]

Les techniques basiques impliquées dans cette procédure vitale sont relativement simples, de ce fait, c'est pour le moins surprenant de constater que la transfusion sanguine n'est devenue une pratique clinique de routine que récemment. En effet l'exsanguination (venesection) était largement pratiquée du temps d'Hippocrates (430 A.J) jusqu'au 19^{ème} siècle en Europe, et pourtant la transfusion ne s'est répandue, en pratique thérapeutique, que durant ces 100 ans.

On traitera successivement l'évolution du système transfusionnel au cours des différentes époques significatives.

1- 17^{ème} siècle : Précurseurs et premières tentatives

- Découverte de la circulation sanguine : Par William Harvey dans ses travaux débutés en 1616.

William Harvey (1578-1657) : exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus (1628)

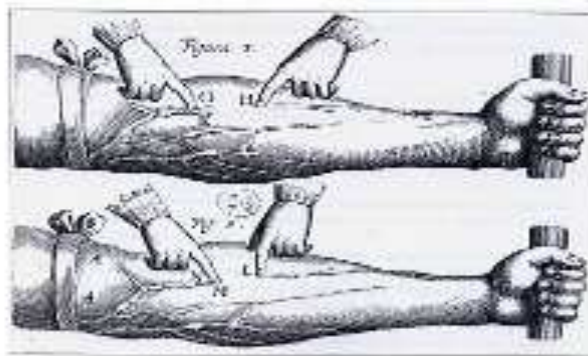


Fig. 1 : Travaux de William Harvey

- Mise au point de techniques d'abord vasculaires : Christopher Wren, testés sur des animaux par Richard Lower, et qui seront utilisés plus tard pour les premières transfusions sanguines.

- Première transfusion chez l'Homme : réalisée par Jean Denis le 15 juin 1667.

- Découverte du globule rouge : en 1674 par Van Leeuwenhoek.

2- 18^{ème} siècle : De nombreux travaux, mais pas d'avance conceptuelle :

Tout au long du 18^{ème} siècle, on peut trouver des essais de transfusion de sang d'animal à l'Homme, réalisés dans de nombreux pays européens, sauf en France.

Si les techniques de voie progressent d'abord, il n'en est pas de même pour les indications de la transfusion sanguine, qui restent, en règle générale, totalement en dehors de ce que nous concevons aujourd'hui.

Par ailleurs, la règle est de transfuser du sang d'animal (mouton, veau) et l'idée de transfuser du sang humain n'est émise par personne à cette période. (Fig.1 et 2)

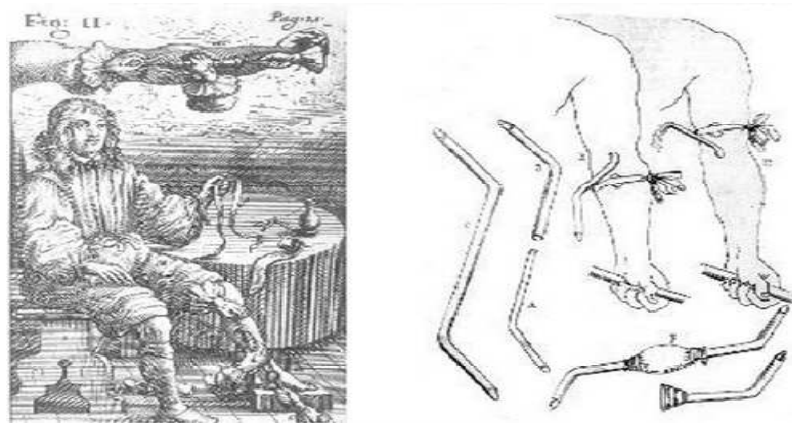


Fig. 2 : 17^{ème} et 18^{ème} siècle, voies d'abord et instrumentation

Jean Scultet : Transfusion de sang d'agneau
(1671)



Fig. 3 : Jean Scultet : Transfusion de sang d'agneau (1671)

3- 19^{ème} siècle : Les débuts de la démarche médicale moderne :

- Premières transfusions de sang humain : En 1818, James Blundell (obstétricien) développe des matériaux pour transfuser les femmes en hémorragie du post-partum, et publie ses résultats dans la revue « The Lancet » ;
- D'autres tentatives pendant le 19^{ème} siècle basées sur les travaux de James Blundell, avec la conception de nombreux appareillages.

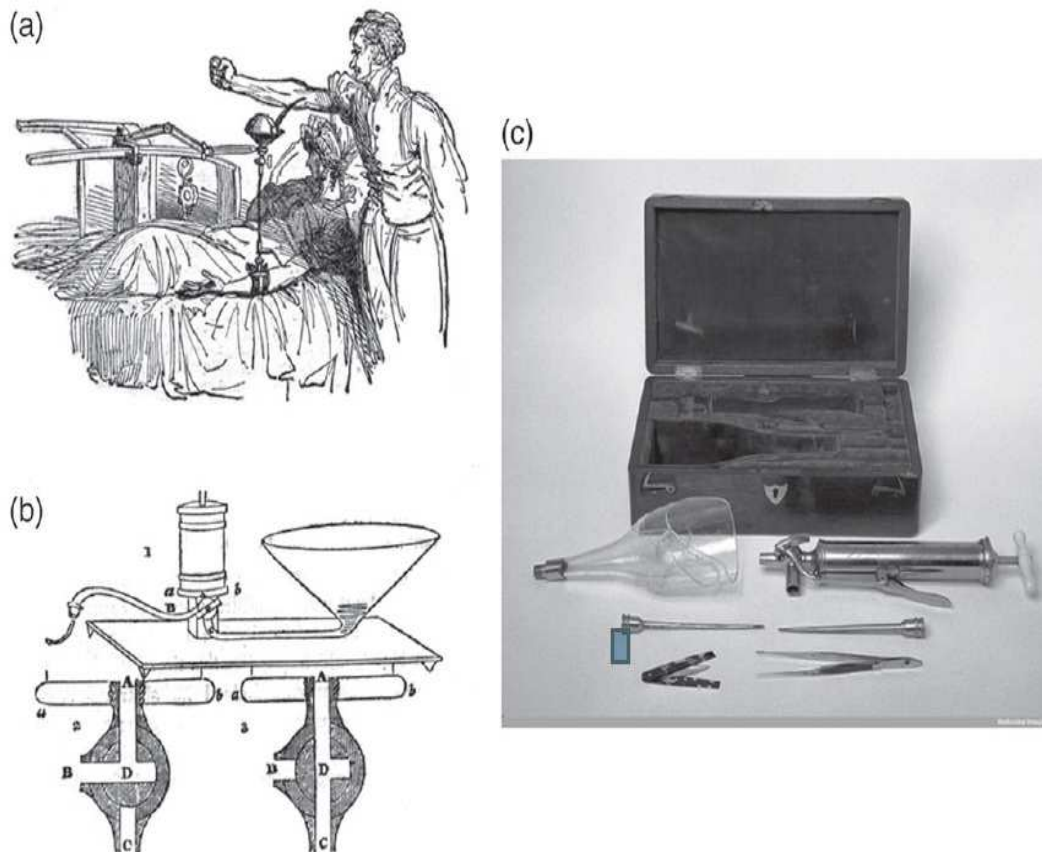


Fig.4 : (a) : Méthode classique de Blundell pour la transfusion directe donneur à receveur

(b) Équipement amélioré montrant la collecte de sang dans un réservoir et la valve qui permet l'infusion par une seringue via une pression positive

(c) Ensemble de l'appareillage fabriqué par Philip et Wicker de l'hôpital St James, Londres.

4- 1900 : Une découverte majeure :

La découverte du groupe sanguin ABO a eu lieu en 1900 par Karl Landsteiner qui est aussi à l'origine de la découverte de nombreux systèmes de groupes sanguins, y compris le système RH.

Karl Landsteiner a reçu le prix Nobel de médecine en 1930.

Les transfusions de 1900 à 1914 : A cette époque, la transfusion sanguine était un acte chirurgical nécessitant la dénudation de vaisseaux du donneur et du receveur, toujours une veine pour le receveur, mais parfois une artère pour le donneur. Ce n'était donc pas un acte anodin.

Alexis Carrel, Prix Nobel de médecine en 1912, développe en 1908, une technique chirurgicale de transfusion par anastomose artério-veineuse.

Appareil de CURTIS et DAVID (1911)

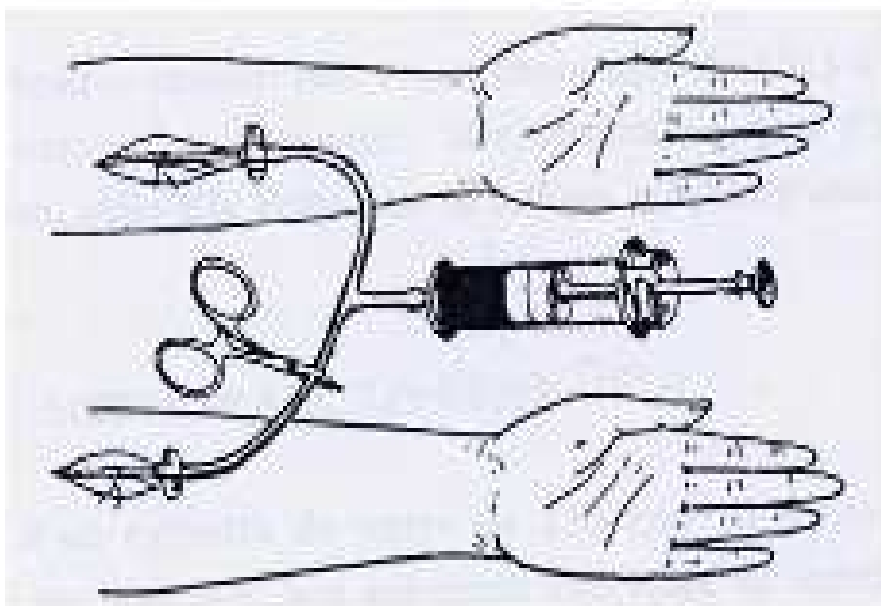


Fig.5 : appareil de CURTIS et DAVID (1911)

5- 1914 -1918 : Les applications militaires et la révolution de l'anticoagulation :

En 1915, Weil et Lewisohn ont montré l'intérêt de l'utilisation de sang citraté dans la transfusion sanguine indirecte, simplifiant ainsi la procédure.

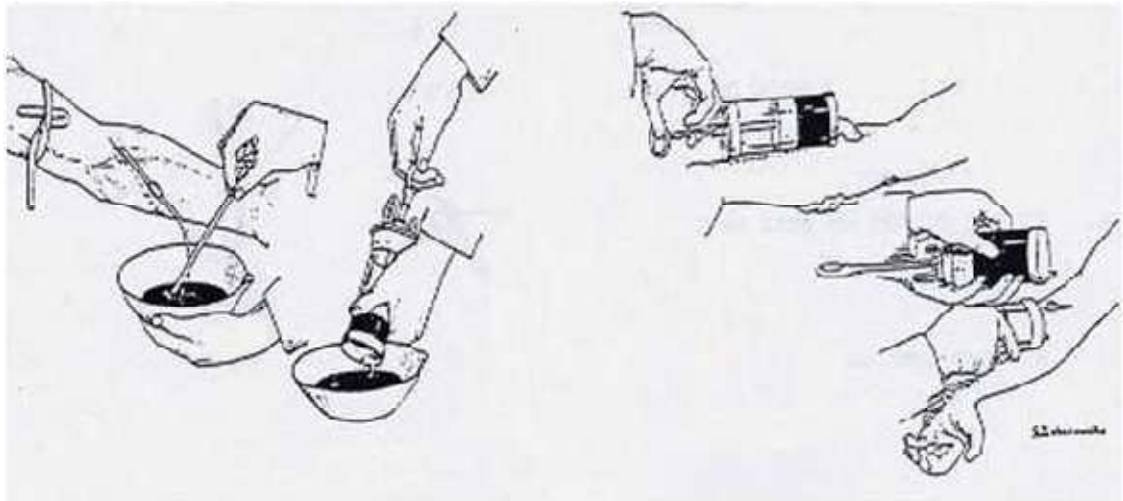


Fig.6 : Technique de WEILL (1915)

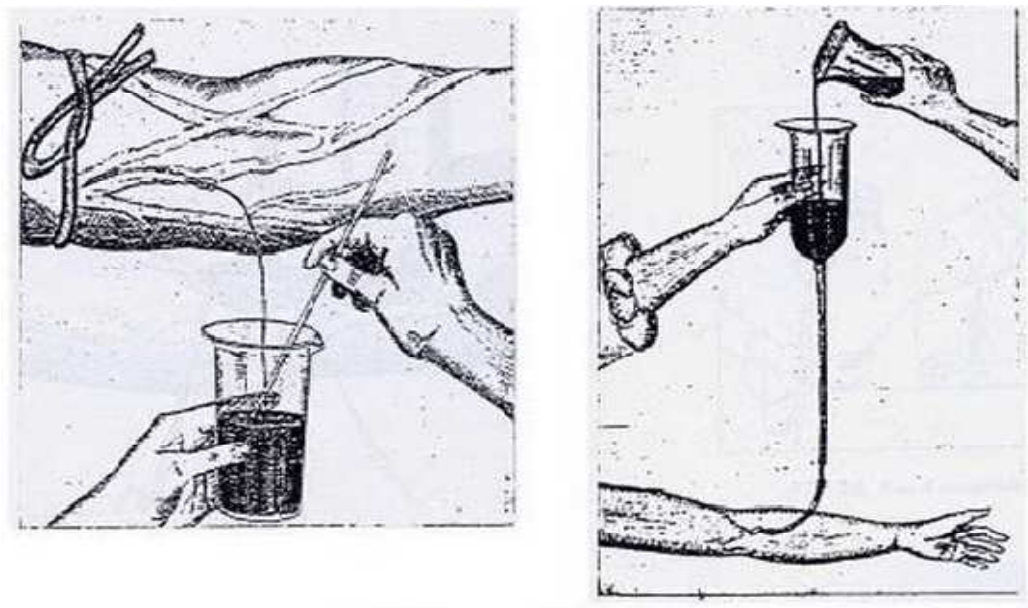


Fig.7 : Technique de Lewisohn pour la transfusion de sang citraté

.6- L'entre deux guerres :

Pendant cette période, coexistent la transfusion « historique », de bras à bras, et les débuts de la transfusion moderne, avec séparation de la phase de recueil du sang.

Dans le domaine de la transfusion de bras à bras, les avancées technologiques concernent la meilleure maîtrise du volume de sang transfusé. Deux illustrations en sont fournies par l'appareil de Tzanck de 1925, et la pompe à galets de Bakey de 1935, qui a été utilisée.



Fig.8 : Appareil de Tzanck de 1925

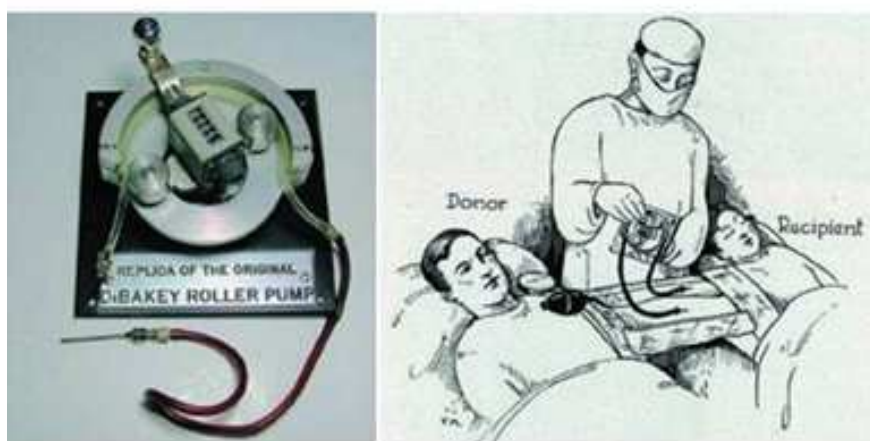


Fig.9 : Pompe à galets de Bakey de 1935

7- La deuxième guerre mondiale et l'après-guerre immédiat :

La prise en charge transfusionnelle des blessés est assurée par les services de santé de toutes les armées impliquées avec essentiellement du sang conservé, mais les recherches se poursuivent activement pour être en mesure de conserver le sang plus longtemps.

Il y a eu la création de la 1^{ère} banque de sang au monde par Bernard Fantus en 1937 à Chicago. Cette période est vraiment à l'origine de la transfusion moderne, en raison des trois développements majeurs suivants : fractionnement du plasma, mise au point d'une solution de conservation du sang, et introduction des poches en plastique remplaçant ainsi les flacons de verre.

- *Le fractionnement du plasma* : technique mise au point par Edwin Cohn en 1940 permettant la préparation d'albumine, qui va être utilisée l'année suivante pour traiter les soldats victimes de l'attaque de Pearl Harbour.

- *La conservation prolongée du sang* : Loutit et Mollison mettent au point « la » solution de conservation (solution dite « ACD » pour Acide citrique, Citrate, et Dextrose) qui permet de conserver le sang total pendant 21 jours.

- *L'utilisation des matières plastiques* : En 1952, Walter et Murphy décrivent la première poche à sang en matière plastique pour le stockage du sang.

Walter CW, Murphy WP Jr. (1952)
A close gravity technique for the preservation of whole
blood in ACD solution utilizing plastic equipment.
Surg. Gynecol. Obstet. 1952 ; 94 : 687-692

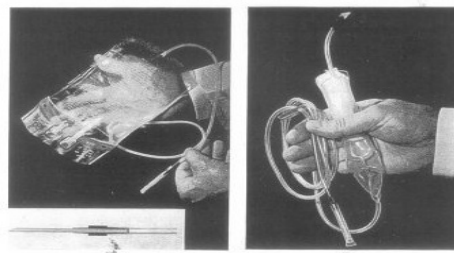


Fig.10 : Première poche en plastique de Walter et Murphy

8- Les autres étapes-clés de la recherche d'amélioration de la qualité des PSL :

Il y a lieu de noter ci-après les progrès technologiques de la préparation des PSL, ainsi que les dates les plus importantes au titre de l'amélioration de la sécurité des transfusions sanguines.

✓ Les progrès technologiques de la préparation des PSL :

- 1963** : concentrés de plaquettes (méthode dite « PRP »).
- 1973** : séparation de cellules sanguines par aphérèse (granulocytes, puis plaquettes).
- 1978** : solution additive pour concentrés de globules rouges (solution SAG).
- 1986** : concentrés de plaquettes (méthode dite « couche leuco-plaquettaire »).

✓ L'amélioration de la sécurité des transfusions sanguines

Les contrôles biologiques

- 1956** : groupe sanguin ABO RH1 (et antigènes C c E e si RH-1),
Dépistage de la Syphilis sur les dons.
- 1959** : Détection des Anticorps immuns anti A et B.
- 1971** : Virus de l'hépatite B : Dépistage de l'antigène HBs.
- 1983** : Recherche des anticorps anti-érythrocytaires.
- 1985** : Virus de l'Immunodéficience Humaine : Détection des anticorps anti-VIH.
- 1986** : Paludisme : Détection des anticorps anti-paludéens.
- 1988** : virus des hépatites B et C : Dosage ALAT et Détection anticorps anti-HBc.
- 1989** : virus HTLV : Anti-HTLV 1-2 aux Antilles et en Guyane.

- 1990** : virus de l'hépatite C : Détection des anticorps anti-VHC.
- 1991** : virus HTLV Détection des anticorps anti-HTLV en métropole.
- 2001** : Virus de l'Immunodéficience Humaine et de l'hépatite C :
Dépistage des génomes viraux VIH1 et VHC.
- 2005** : Virus de l'hépatite B : Dépistage du génome viral unitaire du VHB
dans les DOM.
- 2008** : Dosage de l'hémoglobine et hémogramme lors du don de sang.

L'amélioration de la sécurité transfusionnelle par la préparation des PSL :

- 1992** : première technique de réduction des agents pathogènes disponible
en France pour le plasma.
- 1998** : déleucocytation « universelle » de tous les produits sanguins
labiles.
- 2005** : première technique de réduction des pathogènes, disponible en
France pour les concentrés de plaquettes.

Après avoir relaté les points clés historiques de la transfusion sanguine, il est question de passer en revue les fondements scientifiques du système transfusionnel.

B- Généralités sur la transfusion sanguine :

Cette partie traitera de la définition de la transfusion sanguine, des bases immunologiques, des composants sanguins et de leurs effets secondaires ainsi que la sécurité transfusionnelle.

1- Définition de la transfusion sanguine (TS) :

La transfusion sanguine est une discipline aux frontières de l'hématologie et de l'immunologie ; elle implique la médecine, la biologie, la bio-industrie et la sociologie ; par ailleurs elle repose sur l'éthique.

Elle consiste à administrer le sang ou l'un de ses composants (globules rouges, plaquettes, granulocytes, plasma, protéines) provenant d'un ou plusieurs sujets sains, appelés "donneurs", vers un ou plusieurs sujets malades, appelés "receveurs". Le fait que le sang d'un seul donneur puisse être utilisé pour plusieurs malades, tient au fait que – les indications réelles du sang total, étant très restreintes- le sang est fractionné en ses composants qui sont alors utilisés séparément.

Au sens large du terme, la TS regroupe les étapes suivantes : don du sang ; transformation du sang ; sa conservation ; sa réinjection.

Lors du don de l'homme sain à l'homme malade, le produit sanguin ne doit pas être considéré comme un médicament ordinaire, ce serait une erreur scientifique.

En effet, il s'agit de produits spécifiques dont les risques sont liés à leur origine humaine.

L'éthique de TS comporte trois aspects singuliers :

- le don est bénévole, volontaire et anonyme ;
- aucun profit n'est possible ;
- le sang et ses dérivés doivent être gratuits pour le malade.

2- Bases immunologiques de la transfusion : [8-9]

La transfusion – et essentiellement la transfusion de composants cellulaires ou de composants plasmatiques contenant des cellules – constitue d'un point de vue immunologique, une agression vis-à-vis du receveur. La membrane de toutes les cellules sanguines, est constituée de molécules génétiquement déterminées, dont l'extrême diversité rend compte d'une partie importante du polymorphisme humain. Il n'est pas rare ainsi, que l'apport d'un composant, constitué de cellules, globules rouges, plaquettes ou de leucocytes au sens large (granulocytes, monocytes, lymphocytes) corresponde à l'apport de molécules membranaires différentes (car génétiquement induites) des molécules fonctionnellement équivalentes du receveur. Ces molécules peuvent donc être antigéniques et déclencher une réponse immunitaire.

a- Polymorphisme :

Malgré le nombre d'ambiguïtés, l'espèce peut être considérée comme l'unité de base du monde vivant. C'est l'espace dans lequel les différents individus, la composant, peuvent procréer et permettre, en échangeant du matériel génétique, de produire des individus normaux.

Actuellement, 1 500 000 espèces animales ont été identifiées, et une espèce n'est pas homogène ; les individus qui la constituent peuvent différer, les uns des autres, par nombres de caractères et d'aspects : il s'agit du polymorphisme. Le fait que chacun d'entre nous est différent de tous les autres est le reflet de ce polymorphisme.

b- Systèmes de groupes sanguins :

Les groupes sanguins sont des ensembles d'éléments qui permettent à la fois de :

- Caractériser un être humain ;
- Individualiser (c'est-à-dire le considérer comme un individu) ;
- Regrouper au sein d'ensembles « populationnels », en fonction de caractéristiques communes.

On définit un groupe sanguin comme un ensemble de gènes allotypiques, génétiquement induits et déterminés, génétiquement indépendants les uns des autres, exprimés à la surface d'un ou de plusieurs types d'éléments figurés du sang : les globules rouges, les polynucléaires, les lymphocytes, les monocytes et les plaquettes.

Actuellement, environ trente systèmes de groupes sanguins érythrocytaires sont identifiés (**Tableau I**).

La connaissance des trois premiers systèmes ABO, MN et P, et pour une grande partie du quatrième, le système Rhésus est pratiquement due au génie d'un seul homme, Landsteiner. (**Tableau II**)

La quasi-totalité de ces systèmes sont dépourvus d'anticorps naturels réguliers et ne peuvent, en conséquence, déclencher une hémolyse transfusionnelle immédiate. Toutefois, certains d'entre eux possèdent des anticorps naturels dits irréguliers, potentiellement dangereux, mais ne l'étant qu'exceptionnellement dans la réalité. Il s'agit presque exclusivement des systèmes P et Lewis.

•**Système ABO** : Le système ABO, découvert en 1900 par Landsteiner, se définit par ses antigènes et par ses anticorps (**Tableau III**) :

-Antigènes :

Les deux antigènes du système ABO (A B « zéro », historiquement pour zéro agglutination) sont A et B. Les gènes les conditionnant sont codominants. Un gène O (récessif par rapport à A et B) amorphe explique le groupe O. Il existe de nombreuses variantes - ou sous-groupes - aux antigènes A et B, les antigènes A1 et A2 pour A et une série dite groupes A et B faibles pour A et B. Dans la pratique courante, ces sous-groupes sont d'intérêt mineur.

-Anticorps :

Il s'agit d'Anticorps réguliers « naturels ». Ces anticorps appartiennent soit à la classe des IgM, soit aux classes IgM et IgG. Ils sont peu agressifs sur le plan immunologique.

On peut observer par ailleurs chez les sujets A2 (2 % des cas) et A2B (25 % des cas) des anticorps anti-A1, ce qui n'a pratiquement pas d'importance transfusionnelle.

- Anticorps immuns

Ils apparaissent à la suite de stimulations antigéniques variées :

- soit lors d'une allo-immunisation (grossesse ABO incompatible principalement : mère O, enfant A ou B par exemple) ;

- soit lors d'une hétéro-immunisation, les substances A et B étant très répandues dans la nature. Les anticorps immuns anti-A et/ou -B, le plus souvent présents chez des personnes de groupe O, doivent être connus en transfusion sanguine car ils définissent le donneur universel dangereux. L'activité des anticorps immuns (qui appartiennent à la classe des IgG) est telle qu'ils peuvent, lors d'une perfusion de sang total (voire de concentrés érythrocytaires) de groupe O à un receveur de groupe A par exemple, attaquer les hématies de ce dernier et

les détruire, entraînant un accident hémolytique. Ces composants ne doivent donc pas être transfusés à un malade autre que du groupe O.

De plus, la mention de la présence d'anticorps immuns doit figurer très lisiblement sur l'étiquette du conteneur. Il est possible d'identifier des anticorps immuns anti-B chez des sujets A et des anticorps immuns anti-A chez des sujets B. Ceci n'a d'intérêt que si les sangs A ou B sont destinés à la transfusion de personnes AB.

Tableau I : Système ABO : phénotypes, génotypes et anticorps.

	Génotype	Phénotype Antigène	Anticorps plasmatique
Groupe A	AA ou AO	A	Anti-B
Groupe B	BB ou BO	B	Anti-B
Groupe O	OO	O	Anti-A et Anti-B
Groupe AB	AB	A et B	Néant

•**Système Rhésus :** Le système RH comprend une cinquantaine d'antigènes de nature polypeptidique. Seuls 5 d'entre eux présentent un intérêt clinique en médecine transfusionnelle. Il s'agit des antigènes D (RH1), C (RH2), E (RH3), c (RH4) et e (RH5).

Deux gènes (RHD et RHCE), adjacents et de structure très voisine, localisés sur le chromosome 1, contrôlent l'expression de ces antigènes.

Le gène RHD détermine l'expression d'une protéine exprimant l'antigène D. On note sa présence chez 85% des individus en France dits : Rhésus positifs (Rh +).

Chez les autres, dits Rhésus négatifs (Rh -), il existe une délétion complète du locus RHD, à l'état homozygote qui conduit à l'absence de protéine RHD sur la membrane érythrocytaire et donc à l'absence d'antigène D. Le phénotype de

ces individus s'écrit D- (RH :-1) (l'appellation " d " est incorrecte car il n'existe pas d'antigène d).

Contrairement aux anticorps anti-A ou anti-B dits naturels, la grande majorité des anticorps dans le système Rhésus résulte d'une réponse immunitaire induite par une grossesse ou une transfusion sanguine incompatible. Cependant, pour une raison inconnue, il n'est pas rare de détecter des anticorps "naturels " anti-E par exemple, chez des sujets E négatifs qui n'ont jamais été en contact avec l'antigène E.

On considère l'antigène D comme le plus immunogène, suivi par les antigènes E et c. On estime que près de 80% des sujets RH- transfusés avec du sang RH+ vont produire un anticorps anti-D pouvant persister plusieurs mois ou années. Une nouvelle exposition à l'antigène D va entraîner une réponse immunologique secondaire rapide pouvant conduire à des accidents immunologiques graves.

La fréquence et l'importance transfusionnelle des anticorps anti-D justifient le respect systématique et obligatoire de la compatibilité RHD en transfusion sanguine. L'incompatibilité fœto-maternelle implique fréquemment ces anticorps.

Les autres antigènes du système Rhésus, significativement moins immunogènes, entraînent l'apparition moins fréquente d'anticorps après transfusion ou grossesse incompatible. Il faut noter toutefois leur fréquence non négligeable et leur présence contre-indique toute transfusion incompatible pour chacun des antigènes C, E, c, e.

La compatibilité doit être respectée pour les 5 antigènes Rhésus dans les transfusions de globules rouges, spécialement chez les patients de sexe féminin avant la ménopause et dans les pathologies impliquant des transfusions répétitives et/ou chroniques.

Système Kell : Il s'agit du système le plus immunogène après le système Rhésus. Il possède 2 antigènes principaux : K (KEL1) et k (KEL2, Cellano), portés par une glycoprotéine membranaire dont l'expression se trouve restreinte à la lignée érythrocytaire.

- **Anticorps anti-K (KEL1) :** fréquents et dangereux, occasionnent des accidents hémolytiques post transfusionnels, des anémies fœtales sévères (avec pancytopenie) et des maladies hémolytiques du nouveau-né. Ceci justifie le respect du phénotype Kell, comme le phénotype Rhésus, en particulier chez les femmes avant la ménopause et chez les sujets polytransfusés. Cependant, compte tenu de la fréquence élevée de donneurs de sang de phénotype K- (91 %), il est aisé d'obtenir du sang compatible pour les sujets présentant un anticorps anti-K.

- **Anticorps anti-k (KEL2) :** très rares (0,2 % seulement de la population n'exprimant pas l'antigène k), aussi dangereux que les anti-KEL1, peuvent conduire à des situations d'impasse transfusionnelle, la fréquence des donneurs compatibles étant très faible.

•**Système Duffy :** Il s'agit également d'un système immunogène. Il comprend 2 antigènes principaux : **Fya (FY1)** et **Fyb (FY2)**.

Il existe théoriquement 3 phénotypes possibles : **Fy (a+b-)**, **Fy (a+b+)** et **Fy (a-b+)**.

Mais ce système présente une particularité chez les noirs où un grand nombre de sujets porte à l'état homozygote un allèle silencieux, avec un phénotype érythrocytaire Fy (a-b-). Chez ces sujets, la glycoprotéine Duffy non détectée sur les érythrocytes, se retrouve dans les autres tissus de l'organisme. Ce phénotype **Fy (a-b-)** se voit exceptionnellement chez les Caucasiens.

Les anticorps anti-Fya (FY1) et anti-Fyb (FY2) peuvent être impliqués dans des accidents transfusionnels immunologiques ou dans des problèmes d'incompatibilité fœto-maternelle.

Une recherche d'anticorps irréguliers demeure indispensable pour détecter ces anticorps avant toute transfusion de globules rouges. Leur présence impose la recherche d'une unité de globules rouges immunologiquement compatible.

La protéine Duffy, également récepteur de **Plasmodium vivax** à la surface des hématies, permet l'intégration de ce dernier et le parasitisme de la cellule.

La fréquence élevée des phénotypes **Fy (a-; b-)** dans la population noire s'explique par une évolution génétique très ancienne favorisant la survie de ces individus qui deviennent ainsi résistants à l'infection par le parasite.

•**Système Kidd** : Représenté par 2 antigènes principaux : Jka (JK1) et Jkb (JK2) aussi immunogènes que les antigènes du système Duffy. Deux allèles codominants localisés sur le chromosome 18, JK1 et JK2, déterminent l'expression des antigènes. Il s'agit d'un système di-allélique équilibré.

Les anticorps anti-Jka (JK1) et anti-Jkb (JK2), très dangereux et relativement fréquents, doivent être systématiquement dépistés avant la transfusion.

•**Système MNS** : Ce système doit prendre en compte deux antigènes principaux : S (MNS3) et s (MNS4).

La fréquence de ces antigènes dans la population française s'établit respectivement à 70% pour S et 88% pour s.

Les anticorps anti-S (MNS3) et anti-s (MNS4) peuvent être responsables de réactions hémolytiques transfusionnelles et de maladies hémolytiques du nouveau-né. De ce fait, ils doivent également être recherchés dans un contexte transfusionnel ou lors du suivi d'une grossesse.

Tableau II : Les principaux groupes sanguins au delà du système ABO.

Système	Phénotype antigénique	Génotype chromosomique	Caractéristiques
Rhésus	+ - C, Cc, c, Ee, E, e	D/d ou D/D d/d Le gène Rhésus CE porte sur la même séquence les deux déterminants antigéniques C,c et E,e	- grande immunogénicité de son antigène majeur, D. - Ces anticorps sont des IgG, qui sont dans la totalité des cas des anticorps immuns.
Kell	+ -	K/K ou K/k k/k	- composé par 4 antigènes dont l'un K a une importance transfusionnelle. - fréquence assez élevée de l'anticorps anti-K.
Duffy	Fya, Fyb, Fyab	codominance des allèles a et b.	- L'antigène Fya est fortement immunogène. - L'allo-immunisation par l'antigène Fya produit un anticorps de classe IgG responsable d'accidents transfusionnels et de MHN.
Kidd	Jka, Jkb, Jkab	codominance des allèles a et b.	- Seul l'antigène Jka est incriminé qui est aussi immunisant que l'antigène Fya. - L'anticorps anti-Jka très hémolytique et difficile à mettre en évidence.

Tableau III : Classification des systèmes de groupes sanguins humains

Système	Numéro	Symbole	Gène(s)	Localisation du gène
ABO	001	ABO	<i>ABO</i>	9q34.2
MNS	002	MNS	<i>GYPA, GYPB, GYPE</i>	4q31.21
P1PK	003	P1PK	<i>A4GALT</i>	22q13.2
Rh	004	RH	<i>RHD, RHCE</i>	1p36.11
Lutheran	005	LU	<i>LU</i>	19q13.32
Kell	006	KEL	<i>KEL</i>	7q34
Lewis	007	LE	<i>FUT3</i>	19p13.3
Duffy	008	FY	<i>DARC</i>	1q23.2
Kidd	009	JK	<i>SLC14A1</i>	18q12.3
Diego	010	DI	<i>SLC4A1</i>	17q21.31
Yt	011	YT	<i>ACHE</i>	7q22.1
Xg	012	XG	<i>XG, MIC2</i>	Xp22.33
Scianna	013	SC	<i>ERMAP</i>	1p34.2
Dombrock	014	DO	<i>ART4</i>	12p12.3
Colton	015	CO	<i>AQP1</i>	7p14.3
Landsteiner-Wiener	016	LW	<i>ICAM4</i>	19p13.2
Chido/Rodgers	017	CH/RG	<i>C4A, C4B</i>	6p21.3
H	018	H	<i>FUT1</i>	19q13.33
Kx	019	XK	<i>XK</i>	Xp21.1
Gerbich	020	GE	<i>GYPC</i>	2q14.3
Cromer	021	CROM	<i>CD55</i>	1q32.2
Knops	022	KN	<i>CR1</i>	1q32.2
Indian	023	IN	<i>CD44</i>	11p13
Ok	024	OK	<i>BSG</i>	19p13.3
Raph	025	RAPH	<i>CD151</i>	11p15.5
John Milten Hagen	026	JMH	<i>SEMA7A</i>	15q24.1
I	027	I	<i>GCNT2</i>	6p24.2
Globoside	028	P	<i>B3GALT3</i>	3q26.1
Gill	029	GIL	<i>AQP3</i>	9p13.3
Rh-associated glycoprotein	030	RHAG	<i>RHAG</i>	6p21-qter

c- Les règles transfusionnelles :

Indépendamment des conséquences de l'allo-immunisation, processus en définitive physiologique, la transfusion érythrocytaire comporte un danger qui lui est propre : celui de l'incompatibilité ABO.

Le transfuseur doit tout à la fois éviter le choc transfusionnel immédiat (incompatibilité ABO) et l'allo-immunisation, source potentielle de difficultés ultérieures, non seulement chez les malades transfusés chroniques mais également chez les femmes en âge de procréer. Ces points particuliers sont développés ci-dessous.

Sur le plan conceptuel, il faut distinguer l'antigénocompatibilité et la sérocompatibilité.

- L'antigénocompatibilité est la situation transfusionnelle dans laquelle le composant sanguin injecté n'apporte pas au receveur d'antigène susceptible d'initier une allo-immunisation. Ceci est impossible à réaliser pour l'ensemble des systèmes sanguins cellulaires, ce qui a peu d'importance dans la mesure où de très nombreuses membranes ne sont pas antigéniques. L'antigénocompatibilité protège du choc transfusionnel et de l'allo-immunisation.

- La sérocompatibilité est obtenue lorsque les anticorps éventuellement présents dans le plasma du receveur sont dépourvus de spécificités dirigés contre des antigènes du donneur, de sorte qu'ils ne réagissent pas avec le composé sanguin injecté. Dans ce cas, si le choc transfusionnel est par définition évité, l'alloimmunisation demeure une possibilité ultérieure par l'apport de cellules dont les membranes sont constituées de molécules génétiquement différentes de celles des cellules du receveur.

•Règles transfusionnelles de la compatibilité ABO : [10]

Le respect des règles de compatibilité transfusionnelle pour le système ABO est fondamental :

- Pour les concentrés globulaires, le receveur ne doit pas avoir d'anticorps qui reconnaissent les antigènes A ou B des globules transfusés et il ne doit pas y avoir d'anticorps immuns chez le donneur susceptibles de réagir avec les hématies du receveur, ce qui conduit à dépister systématiquement ces donneurs dits «dangereux». (**Tableau IV**)

- Pour les plasmas thérapeutiques, la règle est de ne pas injecter de plasma qui contiendrait des quantités ou des concentrations d'anticorps susceptibles de provoquer une hémolyse des hématies du receveur. Pour les volumes faibles de plasma, hormis le cas des donneurs dangereux, les anticorps du système ABO du donneur sont suffisamment dilués dans le sang du receveur pour ne pas être dangereux.

- Pour les concentrés de plaquettes, les mêmes règles que celles de la transfusion de plasma s'appliquent ; cependant, les plaquettes expriment de faibles quantités d'antigènes ABO qui sont parfois en cause dans le mauvais rendement de certaines transfusions de plaquettes.

Tableau IV : Règles de compatibilité ABO pour la transfusion de GR.

Groupe du receveur	Groupe du donneur	
	Transfusions isogroupes antigéno-identiques	Transfusions antigénocompatibles
O	O	O
A	A	O*, A
B	B	O*, B
AB	AB	O*, A*, B*, AB

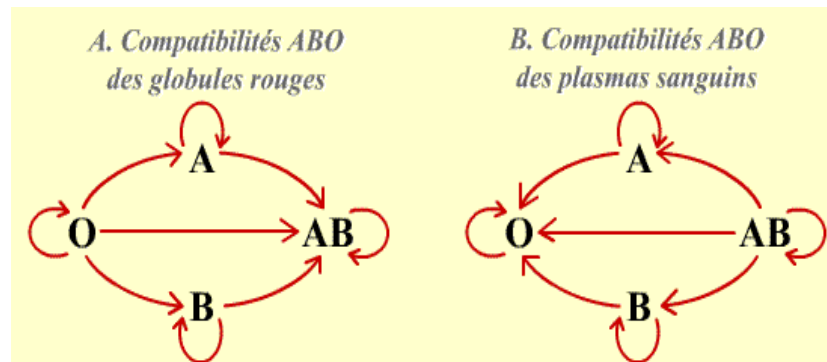


Fig.12 : Les flèches indiquent les transfusions possibles (donneur vers receveur), en supposant l'absence d'hémolysines chez les donneurs.

•Règles transfusionnelles pour le système Rhésus :

Les règles transfusionnelles d'identité et de compatibilité Rhésus découlent des notions qui précèdent. Dans la pratique, il est interdit de transfuser du sang dont les hématies possèdent l'antigène D à des receveurs ne le possédant pas, le risque d'allo-immunisation étant remarquablement élevé. Le respect de cette règle doit être d'autant plus absolu que l'allo-immunisation peut avoir des conséquences non seulement sur le devenir transfusionnel du malade mais, ainsi qu'il a déjà été rappelé, également sur le devenir obstétrical des patientes.

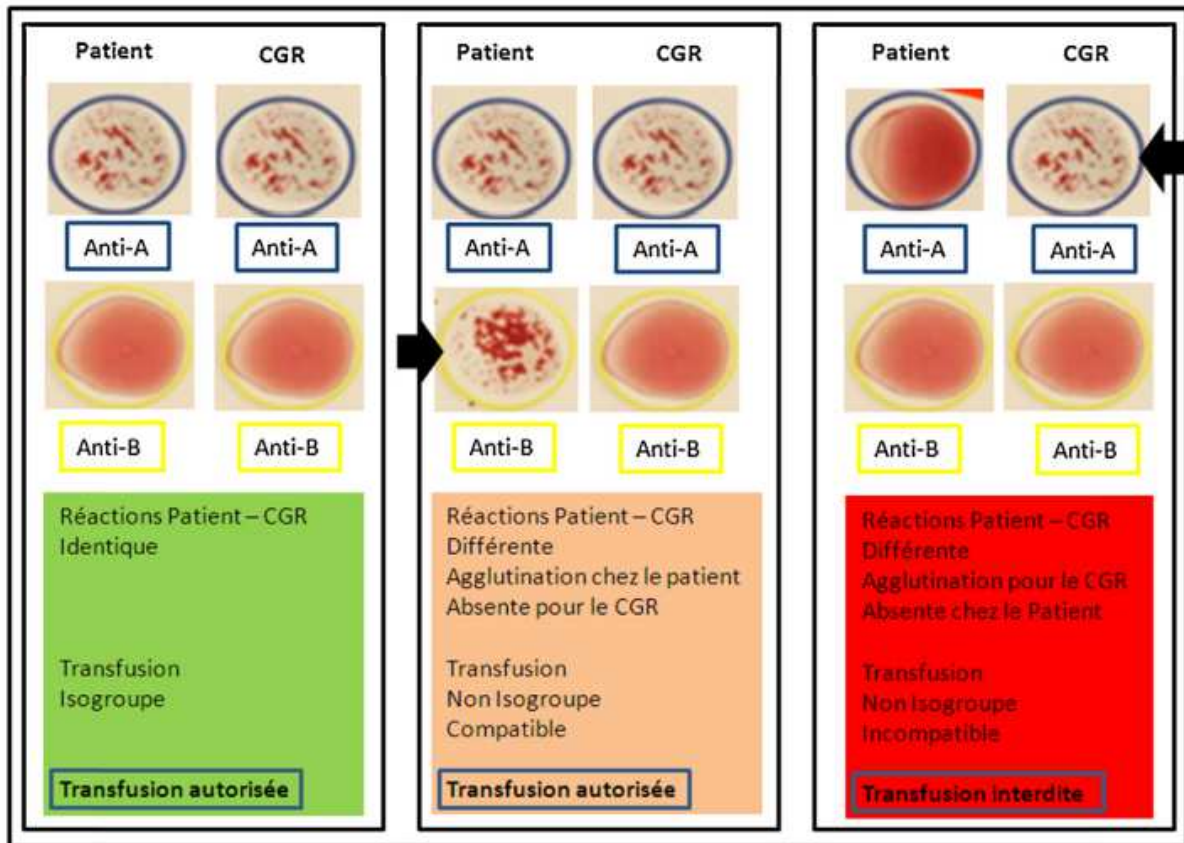


Fig.13 : Carte de contrôle ultime au lit du patient : conduite à tenir

- Panneau de gauche : les hématies du donneur et du receveur donnent des réactions identiques et la transfusion est autorisée.
- Panneau du milieu : le receveur possède un antigène que le donneur n'a pas, ceci n'interdit pas la transfusion qui est donc autorisée, ici on transfuse un sujet AB, groupe relativement rare, avec un CGR A fréquent.
- Panneau de droite : il y a chez le donneur un antigène absent chez le receveur : la transfusion est strictement interdite (en effet l'anti-A d'un receveur O provoquerait une hémolyse immédiate des hématies A du donneur).

3- Composants sanguins à usage thérapeutique : [9, 10-13]

Les composants sanguins dont on cite, les globules rouges, les plaquettes sanguines, les polynucléaires neutrophiles, l'albumine, les protéines coagulantes, et les immunoglobulines, ne sont généralement pas disponibles à l'état pur. Ils sont souvent « contaminés » par d'autres principes actifs du sang (ou du plasma) désignés alors sous le vocable logique de « contaminants ». Un élément sanguin peut être, selon l'effet recherché, soit un principe actif, soit un contaminant. Cette dualité doit être connue de tout prescripteur, qui se doit de rechercher l'effet transfusionnel maximum et de limiter au mieux les effets secondaires liés à la présence de ces contaminants.

Classiquement, les composants cellulaires appartiennent, en raison de leur faible durée de conservation notamment à 4°C, à la catégorie des produits instables ou labiles.

Certains composants plasmatiques peuvent également entrer dans cette catégorie (plasma frais), mais la plupart d'entre eux sont dits produits stables, leur durée de conservation pouvant être extrêmement longue. Ils sont issus du fractionnement industriel du plasma et leur traitement par des moyens physiques (chaleur) et chimiques (solvants-détergents) qui les rendent exempts des virus actuellement connus et recensés.

a- Composants érythrocytaires :

➤ Sang total : [10]

La contenance d'une poche de sang total (correspond à un don) est d'environ 450 ml, dont 60 ml de solution anticoagulante. Le sang total n'est pratiquement plus utilisé car il représente un mélange de composants dont les conditions de survie et de conservation ex vivo, sont différentes.

Indications : Exsanguino-transfusion du nouveau-né ; Compensation des hémorragies aiguës exigeant le traitement simultané de l'anémie, de l'hypovolémie et des déficits des facteurs de la coagulation.

➤ Concentré de globules rouges :

Il s'agit d'une suspension de globules rouges, obtenue par centrifugation d'une poche de sang total, suivie de la soustraction aseptique du plasma (déplasmatisation).

Indications : Les anémies médicales ; CGR et choc hémorragique.

b- Composants plaquettaires :

On distingue les mélanges de concentrés plaquettaires standard déleucocytés (MCPS) obtenus à partir d'un prélèvement de sang total. Son volume moyen est de 40 ml. La durée de conservation au CTS ne doit pas excéder 5 jours à 20°C, et les concentrés plaquettaires d'aphérèse (CPA) obtenus par cytophérèse effectuée à l'aide d'un séparateur de cellules.

Contrairement aux MCPS, les CPA constituent la seule thérapeutique efficace en cas d'allo-immunisation du receveur dans les systèmes HLA et/ou HPA (Human Platelet Antigen)

Indications :

✓ Les thrombopénies d'origine centrale observées au cours d'une insuffisance de production médullaire ;

✓ Les thrombopénies périphériques, dans lesquelles les plaquettes transfusées sont détruites très rapidement, ne sont pas une indication logique des transfusions. Il est inutile d'envisager des transfusions préventives. C'est seulement en présence d'une hémorragie déclarée ou à l'occasion d'un geste chirurgical le justifiant, qu'une transfusion de plaquettes pourrait être envisagée.

✓ Les thrombopathies constitutionnelles ont un caractère permanent qui écarte les transfusions préventives systématiques et oriente vers des transfusions préventives à la demande devant des situations chirurgicales ou obstétricales comportant un risque hémorragique réel, indépendamment du chiffre de plaquettes. Les transfusions curatives seront envisagées seulement en cas d'hémorragie grave.

✓ Les thrombopathies acquises, sont en règle d'origine médicamenteuse et ne pose de problème qu'en cas d'hémorragie ou de geste chirurgical. La transfusion de plaquettes est, dans ces conditions, logique et ne tient pas compte du chiffre plaquettaire initial, qui peut être normal. **[10]**

c- Composants plasmatiques : [11]

➤ Composants labiles à durée de conservation courte : Plasma frais congelé (PFC)

Le PFC est obtenu par séparation du sang total (après centrifugation) dans les 6 heures qui suivent le prélèvement chez le donneur. Le composant ou unité thérapeutique est conservé entre -30°C et -40°C, et doit être perfusé dans les 2 heures qui suivent sa décongélation rapide à 37°C. Il peut aussi être issu à partir d'aphérèse et possède des propriétés identiques au plasma issu de sang total.

Indications :

- ✓ coagulopathies graves de consommation, avec effondrement de tous les facteurs de coagulation ;
- ✓ hémorragies aiguës, avec déficit global de facteurs de coagulation ;
- ✓ déficits complexes rares en facteurs de coagulation, lorsque les fractions coagulantes spécifiques ne sont pas disponibles. [14]

➤ Composants stables à longue durée de conservation : Albumine, Fibrinogène, Facteurs de coagulation :

Obtenus par fractionnement du plasma. L'une de leurs qualités primordiales, est de ne pas transmettre de virus.

A titre d'exemple, les concentrés ***d'albumine*** qui sont indiqués dans les états aigus d'hypovolémie sanguine ou plasmatique, la prévention de l'ictère nucléaire, les états chroniques d'hypoalbuminémie, le ***fibrinogène***, utile en cas d'hypo- ou d'afibrinogénémie, d'afibrinogénémie congénitale notamment en phase hémorragique, et les protéines coagulantes comme les concentrés de ***facteurs de coagulations***.

4- Sécurité transfusionnelle : [18]

Un ensemble de mesures ; dont certaines spécifiques et d'autres indirectes, allant d'un renforcement de la sélection des donneurs de sang jusqu'au traitement physico-chimique des produits sanguins ; a été instauré au fil du temps pour conforter la sécurité transfusionnelle infectieuse.

a- Sélection médicale des candidats au don de sang :

Fondamentale dans la dimension infectieuse de la sécurité transfusionnelle, la sélection des candidats au don, recherche divers éléments d'exposition aux agents de transmissibilité sanguine, à travers l'entretien médical qui précède tout don de sang. C'est notamment le cas des sujets symptomatiques, des sujets recourant ou ayant recouru à la toxicomanie, des sujets ayant un mode de vie les exposant à un risque accru d'infections sexuellement transmissibles, enfin les sujets ayant séjourné en pays d'endémie palustre ou chagasique.

L'exclusion du don, qu'elle soit temporaire ou définitive, peut s'effectuer à différentes étapes : auto-exclusion à la suite de l'information et de la responsabilisation préalable du donneur ; exclusion lors de la visite médicale précédant le don ; exclusion à posteriori, puisque le donneur est encouragé à signaler au centre de collecte, une fois son don effectué, un facteur de risque oublié ou omis, ou la survenue ultérieure d'un symptôme évocateur d'un état infectieux (information post-don). Dans ce dernier cas, l'unité prélevée est immédiatement retirée du circuit de distribution des produits sanguins.

b- Qualification biologique des dons :

Étape sécuritaire tout aussi essentielle, cette qualification est basée sur des analyses systématiques obligatoires, des analyses obligatoires orientées et des examens facultatifs. Leurs résultats permettent de qualifier le don et d'autoriser l'utilisation transfusionnelle des produits sanguins correspondants.

La qualification biologique des dons vise à :

- **Assurer la sécurité du receveur** vis à vis des risques liés à la compatibilité immuno-hématologique et aux maladies transmissibles par le sang.

Le laboratoire réalise sur les échantillons plusieurs analyses, divisées en trois secteurs :

- Immuno-hématologie :

Réalisation des groupages : Il est réalisé pour chaque patient nécessitant ou susceptible de recevoir une transfusion sanguine. Afin d'être valide, le groupage sanguin doit être réalisé sur deux échantillons distincts afin d'éviter toute erreur d'identification d'échantillon ou erreur de prélèvement (échantillon d'un autre patient). Le groupage sanguin comprend le groupe sanguin ABO et le phénotype RH-K (antigènes RH1(D), RH2(C), RH3(E), RH4(c), RH5(e), KELL1(K)).

Recherche d'Anticorps Irréguliers (RAI) : Elle consiste à dépister et éventuellement à identifier, sur du sérum ou du plasma du receveur de PSL, les Ac dirigés contre les Ag érythrocytaires. Cette RAI doit permettre d'éviter toute réaction entre les anticorps du malade devant recevoir une transfusion sanguine et les Concentrés de Globules Rouges (CGR) qui devront être transfusés.

Épreuve directe de compatibilité : Analyse complémentaire de la RAI qui consiste à tester l'échantillon du receveur vis-à-vis des hématies du produit sanguin à transfuser. En absence de réactivité, l'unité est déclarée compatible. Cette technique n'est pratiquée que dans certains cas afin de ne pas retarder les transfusions des patients quand ce test ne présente aucun intérêt. On l'utilise

lorsque le patient présente, ou a présenté, dans son sérum ou plasma des anticorps anti-érythrocytaires, ou lorsque l'on doit transfuser un nouveau-né suite à une incompatibilité foeto-maternelle (Test Direct à l'Antiglobuline positif ou anticorps présent chez la mère).

- **Sérologie virale** : recherche les Ac produits par le donneur à la suite du contact d'un agent pathogène (VIH-1 & 2, VHC, VHB, HTLV I+II, syphilis, Paludisme, Chagas) et les Ac anti-HBs. Ces anticorps sont recherchés par des tests immunoenzymatiques (ELISA, IF, Western-Blot, EIA....) ;

- **Diagnostic génomique viral** : recherche l'ARN des virus VIH-1, l'ARN du VHC et l'ADN par VHB par biologie moléculaire. Des analyses sont également réalisées afin de rechercher l'antigène HBs.

• **Participer à l'information du donneur** lorsque des anomalies ou des particularités sont mises en évidence à l'occasion de ses analyses.

• **Réaliser des enquêtes** sur les résultats anormaux de donneurs.

• Participer au moyen des résultats biologiques recueillis, à des **missions de santé publique (épidémiologie)**.

c- Stérilité bactérienne :

Outre les règles strictes d'éviction du don par rapport à l'existence d'un éventuel foyer infectieux ou d'une infection récente, la prévention d'une contamination bactérienne par un PSL repose sur le maintien d'un dispositif de recueil stérile, clos et à usage unique, commençant au prélèvement du donneur et aboutissant à la transfusion du malade. L'étape du prélèvement est cruciale.

Aussi, afin d'éviter une contamination lors de la ponction veineuse au moment de la traversée de la peau, des pratiques rigoureuses de désinfection cutanée sont de rigueur.

Il n'existe pas, à ce jour, de test systématique de stérilité des PSL suffisamment efficace pour prévenir de manière radicale le risque bactérien transfusionnel. Les techniques d'inactivation des pathogènes sont efficaces sur les concentrés de plaquettes, ce qui constitue un argument pour leur déploiement.

Enfin, l'ouverture du circuit ou des poches que peuvent nécessiter certaines transformations du PSL impose des mesures de stérilité très strictes et des délais d'intervention très courts, au demeurant précisés et imposés par les textes réglementaires.

d- Leuco-réduction des PSL :

Elle est réalisée dans les 24 heures qui suivent le prélèvement du sang du donneur, grâce à un filtre intégré au dispositif de prélèvement. La durée de conservation de ces produits n'est pas réduite comparativement aux produits non déleucocytés, lorsque la technique est réalisée en système clos, ce qui est habituellement le cas. Ce procédé sécuritaire a un impact direct sur le risque microbiologique en réduisant le risque lié aux virus exclusivement intra-leucocytaires (CMV, HTLV-I/II, virus du groupe Herpès).

e- Réduction microbiologique et sécurisation des PSL :

Deux méthodes d'inactivation des pathogènes, qui ont la particularité d'être non spécifiques d'un agent donné, sont actuellement appliquées (en France) au plasma thérapeutique :

- L'une fait appel au procédé physico-chimique des « solvants détergents », qui détruit les membranes des agents pathogènes pourvus d'une enveloppe (comme notamment VIH, VHB et VHC) ;

- L'autre utilise l'exposition lumineuse et un psoralène qui, intercalé dans les acides nucléiques et exposé à un rayonnement ultraviolet UVA, entraîne le blocage irréversible de la réplication afin de détruire l'acide nucléique des agents pathogènes qui en sont pourvus (virus, bactéries, parasites – mais non le prion).

Enfin, on retient l'importance des événements historiques dans le développement de la transfusion des PSL aboutissant à un système transfusionnel organisé dans la pratique courante.

5- Effets secondaires de la transfusion : [9, 14-17]

Les effets secondaires de la transfusion sanguine sont essentiellement :

- o d'ordre infectieux, par la transmission de germes ;
- o d'ordre immunologique ;

o d'ordre métabolique, par l'excès d'apport de substances, soit présentes dans la solution de prélèvement du sang, soit résultant du métabolisme des cellules durant leur conservation.

a- Les risques immunologiques : [19]

• Accidents hémolytiques :

Ces accidents résultent le plus souvent d'un conflit entre un Ag apporté par le produit sanguin et un Ac présent chez le receveur.

L'hémolyse post-transfusionnelle peut être aiguë, notamment dans les accidents ABO où des Ac naturels réguliers de classe IgM activent le complément jusqu'à C9 et provoquent une destruction intravasculaire immédiate des hématies incompatibles transfusées par erreur.

Elle peut être subaiguë, marquée par un subictère et une inefficacité transfusionnelle qui est le plus souvent due à une hémolyse intra tissulaire ; celle-là est le fait de la réactivation d'Ac non détectés par la RAI pré-transfusionnelle.

L'hémolyse peut enfin être tardive, survenant plusieurs jours ou plusieurs semaines après la transfusion ; elle est liée, le plus souvent, à une réponse (Ac) primaire consécutive à l'injection d'hématies incompatibles.

La prévention des accidents immuno-hémolytiques repose avant tout sur l'éradication des accidents ABO potentiellement mortels qui, au hasard, surviendraient dans une transfusion sur trois. La qualité des techniques de laboratoire et de leur automatisation, fait que les risques majeurs sont à présent concentrés autour des erreurs d'identification des échantillons des patients

prélevés pour analyse ou des confusions de poches de concentrés de GR, lors de la pose de la transfusion. La stratégie des tests d'immuno-hématologie conçus pour les donneurs et les receveurs inclut une répétition systématique codifiée de recherches d'Ac et de tests de groupage.

- **TRALI (SDRA post-transfusionnel) :**

Le TRALI est une cause potentielle de mortalité transfusionnelle. C'est un œdème aigu pulmonaire (OAP) lésionnel qui survient moins de six heures après la fin d'un épisode transfusionnel et le plus souvent dans les deux premières heures. Il se manifeste par une dyspnée avec cyanose et expectoration riche en protéines, associée à des infiltrats bilatéraux pouvant aller jusqu'à un aspect de poumon blanc sur le cliché thoracique et une désaturation artérielle.

La prévention des TRALI immunologiques est fondée sur l'éviction de la filière des PSL contenant un volume important de plasma d'une seule donneuse ayant eu des grossesses. Du fait que les sujets susceptibles d'avoir été préalablement immunisés par une transfusion, sont, en France, exclus du don de sang, la principale source d'Ac apportés par la transfusion et pouvant être responsables de TRALI est en effet l'allo-immunisation anti-HLA et anti-HPA post-gravidique.

- **Réaction du greffon contre l'hôte post-transfusionnelle :**

La réaction du greffon contre l'hôte (RGCH) post-transfusionnelle (RGCH-PT) est un accident exceptionnel et gravissime. Il est dû à la réaction de cellules immunocompétentes du donneur se multipliant chez un receveur incapable de les éliminer. La RGCH-PT s'apparente à la RGCH aiguë observée dans les greffes de cellules souches hématopoïétiques allogéniques dont elle emprunte la symptomatologie. Elle survient, dans un délai de 8 à 10 jours, après la transfusion et se manifeste par des lésions dermatologiques évoluant du tronc aux extrémités, une diarrhée aqueuse profuse, et une atteinte hépatique. À cette

triade classique vient s'ajouter, vers la troisième ou quatrième semaine, une pancytopenie dont les complications hémorragiques et infectieuses conduisent le plus souvent à la mort.

Le diagnostic repose sur des biopsies cutanées et hépatiques, et sur la mise en évidence d'un chimérisme cellulaire sanguin. La survenue d'une RGCH-PT obéit aux trois conditions de toute RGCH : des cellules immunocompétentes sont présentes dans le produit injecté ; l'hôte possède des Ag d'histocompatibilité que ne possède pas le donneur ; les cellules de l'hôte ne sont pas en mesure de rejeter les cellules immunocompétentes injectées.

La prévention se fait par l'irradiation des PSL. La leucoréduction systématiquement appliquée à tous les PSL contribue probablement à la rareté de cette complication. Les procédés d'inactivation ou de réduction des pathogènes applicables aux concentrés de plaquettes peuvent aujourd'hui se substituer à l'irradiation.

- **Réactions fébriles non hémolytiques (RFNH) post-transfusionnelles :**

Les RFNH représentent un ensemble d'EI transfusionnels qui se manifestent habituellement par un syndrome « frissons/hyperthermie » marqué par la survenue dans un délai au plus de 2 heures après la transfusion de tremblements et de frissons importants, d'une sensation de froid, de malaise avec parfois des céphalées, des nausées et des vomissements. La fréquence de cet « EI-receveur (EIR) » a singulièrement décru depuis la leucoréduction systématique des PSL.

b- Les risques infectieux : [18]

Grâce à la maîtrise des divers éléments constituant la « chaîne transfusionnelle », depuis le prélèvement du donneur jusqu'à la transfusion du patient, le risque de transmission transfusionnelle d'un agent infectieux, est actuellement presque totalement maîtrisé, tout au moins pour des agents viraux tels que le virus de l'immunodéficience humaine (VIH), les virus des hépatites B (VHB) et C (VHC), et le Human T Lymphotropic Virus (HTLV).

- **Transmission de virus :**

La transmission de virus par la transfusion est pratiquement et exclusivement le fait des composants instables. Si l'introduction du VIH chez un receveur demeure possible, et à juste titre la plus redoutée, celle de virus des hépatites, notamment du groupe de virus dits non-A non-B non-C, est en fait désormais la plus réelle et demeure responsable de troubles biologiques et cliniques plus ou moins graves. D'autres virus (CMV par exemple) peuvent être, entre autres, également responsables d'hépatites. Le Parvovirus B 19 a été reconnu responsable d'anémies chez des sujets immunodéprimés.

- **Transmission du VHB : [18]**

Environ 350 millions d'individus sont porteurs chroniques du VHB dans le monde. La majeure partie des sujets virémiques chroniques, est asymptomatique.

La prévention de la transmission transfusionnelle repose, d'une part, sur l'entretien médical précédant le don, permettant de sélectionner les sujets exempts de circonstances ayant pu les mettre en contact avec le virus ; et d'autre part ; sur le dépistage de l'antigène de surface du virus (Ag HBs), des anticorps anti-HBc dirigés contre la capside virale, et sur la détection systématique de l'ADN viral.

Quoique très faible, le risque de transmission du VHB justifie la vaccination systématique des receveurs appelés à devenir des transfusés chroniques.

➤ **Transmission du VHC : [18]**

Le nombre d'individus porteurs du VHC sur la planète est estimé à 170 millions. À l'instar du VHB, la sévérité de l'infection est liée aux complications du portage chronique (cirrhose, hépato-carcinome, pathologies autoimmunes), portage chronique qui survient dans 60 à 80 % des cas.

Les stratégies d'éviction appliquées aux populations à risque pour VIH et les mesures de viro-atténuation par solvant-détergent ou de sécurisation du plasma, ont contribué, quant à elles, à réduire significativement le risque de transmission. En 1990, un test de détection des anticorps anti-VHC a été systématisé sur tous les dons de sang et, à ce dépistage, est venu s'ajouter en 2001 la détection de l'ARN par le dépistage génomique viral (DGV).

➤ **Autres virus d'hépatites virales à transmission transfusionnelle potentielle : [18]**

L'hépatite A dont la virémie est très brève, ne constitue pas un risque transfusionnel majeur, d'autant que les receveurs sont souvent immunisés. Aussi, et en grande partie pour cette raison, bien que des infections transfusionnelles aient été rapportées, aucune mesure biologique spécifique n'est prise à ce jour pour éviter la transmission de ce virus par les PSL.

L'hépatite E, dont la transmission est également (et avant tout) fécale-orale et alimentaire, n'a été que récemment pleinement pris en compte comme à risque de transmissibilité sanguine.

➤ **Transmission du VIH : [20]**

Le risque réel de transmission du virus par la transfusion, est constitué par les porteurs viropositifs séronégatifs, c'est-à-dire dans la règle des sujets dont la contamination est récente (moins de 3 mois) et n'a pas encore conduit à la génération d'anticorps anti-VIH. C'est pourquoi les établissements de transfusion sanguine ont mis sur pied un système d'exclusion a priori (l'idéal étant l'autoexclusion spontanée) des individus dont le comportement est considéré comme étant à risque : essentiellement homosexuels ou hétérosexuels à partenaires multiples, utilisateurs de drogues injectables par voie intraveineuse.

Le taux de prévalence du virus du Sida (VIH) est estimé à 0,01% pour l'ensemble des dons testés pour les 10 dernières années.

➤ **Transmission d'autres virus :**

- *virus HTLV 1 et 2 « Human T lymphotropic virus »* : Ces virus sont responsables d'un syndrome neurologique particulier, la paraparésie spastique tropicale, et d'un syndrome hématologique, la leucémie à lymphocytes T de l'adulte. La prévention de la transmission transfusionnelle des HTLV 1 et 2, repose sur l'élimination par le transfuseur des donneurs séropositifs.

- *Virus cytomégalo virus (CMV)* : Le CMV a une prévalence très élevée dans la population générale, et donc dans celle des donneurs de sang. Il n'induit pas de manifestation clinique sévère chez les sujets immunocompétents. En revanche, chez les prématurés et les sujets immunodéprimés, il peut être responsable de complications graves à type de pneumonie interstitielle, de chorioretinite nécrosante, de colite ulcéreuse ou d'encéphalite. [18]

- *virus d'Epstein-Barr (EBV)* : Virus très répandu dans l'espèce humaine, tous les composants sanguins qui contiennent des lymphocytes B contaminés et viables, sont contaminants. La prévention de la transmission de l'EBV est pratiquement impossible, car il est très difficile d'éliminer tous les lymphocytes

présents dans les composants labiles, encore que de très grands progrès aient été accomplis grâce à l'emploi de filtres performants.

- *virus parvovirus B19* : L'impact transfusionnel de ce virus transmissible par transfusion de PSL est mal apprécié, mais réduit par le fait que nombre de receveurs sont immunisés, comme l'est une bonne partie de la population adulte, à la suite d'une contamination aérienne antérieure (le plus souvent dans l'enfance) et passée inaperçue. [18]

- **Transmission de bactéries : [10]**

Le risque de complications infectieuses liées à une contamination bactérienne du produit est rare, mais sa gravité peut être extrême si le receveur est immunodéprimé. Toutes les mesures d'asepsie et de rigueur dans la conservation des produits diminuent ce risque qui, cependant, ne sera écarté que par l'utilisation en routine de techniques d'inactivation des pathogènes.

La contamination des PSL peut conduire à un Incident Transfusionnel par Contamination Bactérienne (ITCB) de gravité variable en fonction de facteurs déclenchants propres au PSL, à la bactérie, au receveur et d'autres facteurs encore mal élucidés.

Les connaissances progressent en matière de fréquence de contamination des dons des différents PSL, mais la définition précise de l'incidence des ITCB se heurte encore à la difficulté de leur reconnaissance et à l'incertitude de l'imputabilité de la transfusion.

L'expression clinique parfois modérée peut être parfois à l'origine d'un défaut de reconnaissance, susceptible d'une part, d'entraîner des ITCB en chaîne avec les PSL issus du même don et, d'autre part, de conduire à une perte d'information.

L'amélioration de la prévention vise à réduire la contamination des PSL et la prolifération des bactéries à chaque étape, du don de sang à la transfusion.

➤ **Treponema pallidum** : Cet agent fragile est responsable de la syphilis et sa transmission est assurée par des PSL, récemment prélevés (moins de trois jours), et conservés à +4°C ou +20°C. Après 48 heures de conservation à -20°C, le PFC n'est pas dangereux. En fait, la syphilis post-transfusionnelle est devenue exceptionnelle.

Elle se traduit un à quatre mois après la perfusion de sang ou composants par une entrée directe dans la phase secondaire (éruption généralisée, fièvre, adénopathies). Le diagnostic clinique est confirmé par la sérologie : TPHA et surtout test de Nelson.

➤ **Brucellose** : La transmission de Brucella induit chez le receveur, après une incubation d'une semaine à quatre mois, l'apparition d'un syndrome associant céphalées, myalgies, sudation et fièvre ondulante. La possibilité de transmission de ce germe doit conduire à l'élimination du don des personnes ayant présenté une brucellose depuis moins de deux ans.

➤ **Le choc endotoxinique** : Les accidents liés à la perfusion de sang contaminé par des bactéries, rarissimes depuis l'apparition des poches plastiques, sont redoutables et souvent mortels. Ils réalisent un choc endotoxinique et sont dus à la contamination du sang, généralement au moment du prélèvement. Pratiquement tous les composants peuvent en être responsables. La contamination peut être due à une pollution à priori du matériel, parfois à des dérogations graves aux règles de conservation en secteur clinique des composants délivrés par le centre de transfusion.

Les produits labiles sont le plus souvent en cause. Les germes incriminables sont nombreux et appartiennent en règle au groupe des bactéries

psychrophiles à Gram négatif (se multipliant à des températures inférieures à 20°C).

Dans la pratique, l'identification du germe est souvent difficile. Les manifestations cliniques apparaissent en cours de transfusion et sont pathognomoniques. Elles imposent l'arrêt immédiat de la transfusion : frisson intense plus ou moins prolongé avec hyperthermie, cyanose, refroidissement des extrémités, diarrhée, douleurs abdominales violentes, vomissements, CIVD, collapsus, puis oligo-anurie.

- **Transmission de parasites : [11]**

Le risque de transmission d'affection parasitaire est extrêmement faible en raison d'une prévention spécifique (paludisme, trypanosomiase), avec ajournement des donneurs exposés et détection biologique systématique des dons potentiellement infectés.

➤ **Paludisme post-transfusionnel** : Les efforts de prévention portent essentiellement sur *Plasmodium falciparum*, même si les agents des autres formes de paludisme comme *P. vivax* et *P. malariae* peuvent être occasionnellement transmis par voie transfusionnelle.

Le parasite étant intra-érythrocytaire, tous les PSL contenant des globules rouges peuvent être en cause, et la dose infectante nécessaire peut être très faible.

P. falciparum résiste à 4 °C, mais l'infectiosité diminue en fonction de la durée de conservation, de sorte qu'aucun cas de transmission n'a été rapporté avec un produit ayant plus de 20 jours de conservation.

Le paludisme transfusionnel est d'expression clinique variable, avec une symptomatologie se manifestant de quelques jours à 10 ou 15 jours après la transfusion contaminante.

Le diagnostic doit dès lors être évoqué devant toute fièvre inexpliquée survenant dans les deux mois qui suivent une transfusion. Il repose sur la mise en évidence directe du parasite. Les mesures prophylactiques à type d'exclusion temporaire d'une durée variable mais définie dans chaque cas, associée selon les situations à une sérologie chez le donneur, reposent sur des éléments anamnestiques bien précis (antécédents d'infection ancienne, notion d'exposition possible en zone d'endémie). [18]

➤ **Maladie de Chagas** : pathologie chronique obligatoire, due à *Trypanosoma cruzi* dont le vecteur est une punaise, le rédúve. Elle est responsable, pendant sa phase chronique, de défaillances multiviscérales. Cette pathologie s'observe essentiellement dans les zones rurales de l'Amérique du Sud où sévit le rédúve.

➤ **Babésioses** : maladies parasitaires dues à un hémoprotazoaire, font l'objet d'une attention particulière sur le continent nord-américain. Le vecteur est une tique, l'homme étant un hôte accidentel.

Elles donnent des tableaux cliniques variables, allant de formes asymptomatiques à des défaillances multiviscérales.

La prévention biologique est difficile dans les zones d'endémie car, à ce stade, ni la sérologie ni la biologie moléculaire ne sont satisfaisantes. Aussi, la sélection médicale des donneurs reste le principal recours.

- **Risque lié au prion : [18]**

Le prion, agent de la *maladie de Creutzfeldt-Jakob (CJD)* et de *l'encéphalite spongiforme bovine (ESB)*, fait partie des agents transmissibles non conventionnels (ATNC). Jusqu'à l'épidémie dite de la « vache folle », qui a été identifiée au Royaume-Uni dès 1985, et l'adaptation de l'agent causal responsable de la forme variante de la MCJ (CJDv) à l'espèce humaine, jamais un prion humain n'avait été mis en cause dans une transmission transfusionnelle.

Toutefois, en vertu du principe de précaution et en l'absence de test de dépistage, des mesures préventives ont été prises précocement :

- Les sujets apparentés au premier degré à un malade atteint de la forme familiale de MCJ sont écartés de manière définitive du don du sang ;
- Les patients ayant subi une intervention neurochirurgicale avec ouverture de la dure-mère ;
- Les candidats au don ayant séjourné pendant plus de six mois en Grande-Bretagne ou en Irlande entre le 1^{er} janvier 1980 et le 31 décembre 1996.

c- Les risques métaboliques :

- **La surcharge volémique :**

Elle est due à une transfusion massive de PSL entraînant une augmentation rapide de la pression artérielle. Elle peut survenir chez les patients avec une insuffisance cardiaque ou une anémie chronique.

La surcharge volémique se caractérise par une détresse respiratoire aiguë et une insuffisance cardiaque.

Elle peut se compliquer de troubles métaboliques par surcharge en citrate (anticoagulant utilisé dans les poches de recueil de sang total), de troubles d'hémostase (chute des facteurs de coagulation par dilution)

- **L'hémochromatose de surcharge :**

Cas particulier de l'hémochromatose : Surcharge ferrique au niveau du foie chez des polytransfusés au long cours (en particulier les drépanocytaires, les thalassémiques). Le traitement est préventif par l'injection d'un chélateur du fer, la desferrioxamine (Desferal).

Tableau V : Les principaux effets secondaires de la transfusion sanguine.

Accidents	Immédiats	Retardés	A long terme
Immunologiques	- Choc hémolytique. - Réactions anaphylactiques : choc Œdème de Quincke urticaire - Réaction fébrile non hémolytique - Syndrome de détresse respiratoire aigue	- Hémolyse retardée - Allo-immunisation - RGCH* post-transfusionnelle	Allo-immunisation
Infectieux	Choc toxi-infectieux	Paludisme Infections à : - CMV -EBV	- VIH - hépatites virales C, B - syphilis
Métaboliques	- Surcharge volémique - Surcharge en citrate - Hyperkaliémie - hypocalcémie		- hémochromatose



CHAPITRE II : TRANSFUSION SANGUINE EN SITUATION DE GUERRE



La transfusion sanguine constitue un grand soutien médico-chirurgical en opérations extérieures, son apport a été prouvé dans un bon nombre d'expériences militaires américaines et françaises à travers lesquelles elle évolue, comme cela a été le cas durant la Guerres mondiales où a eu lieu la découverte du groupage sanguin, de l'anticoagulation permettant de se passer de la transfusion de bras à bras, sans oublier le fractionnement des produits sanguins et leur usage thérapeutique.

L'objectif de ce chapitre sera de relater les différentes crises connues en histoire de guerre d'un point de vue transfusionnel afin de souligner l'intérêt médico-chirurgical que la transfusion sanguine leur a apporté.

A- Expérience américaine : [22]

1- La Première Guerre mondiale (1914-1918) :

La base scientifique pour le système des banques de sang a été découverte juste avant la Première Guerre mondiale. En 1913, Ottenberg a publié une série de cas montrant que le typage ABO a largement prévenu les "accidents et catastrophes» suivant la transfusion. L'année suivante, trois individus ont décrit l'utilisation du citrate comme anticoagulant. Ces découvertes ont été converties en outils qui seront utilisés par le système moderne de banque de sang, dont le typage sanguin par hémagglutination, et les solutions de stockage des GR, grâce à Peyton Rous et ses collègues de l'Institut Rockefeller en 1915 et 1916 et livrées au champ de bataille par l'étudiant de Rous, le lieutenant Oswald Robertson du médecin Officier de Réserve du Corps de l'Armée des États-Unis, en 1917. La transfusion sanguine est alors devenue une thérapie de réanimation acceptée dans le Corps expéditionnaire britannique où de nombreux hôpitaux et médecins américains ont été attachés en Mars 1918.

Il n'y a aucune donnée sur le nombre de transfusions effectuées durant la Première Guerre mondiale. Cependant, les publications de Robertson décrivent plus de 200 transfusions, et à la fin de la guerre, il dirigeait une école d'enseignement de la transfusion sanguine, qui formait six équipes par semaine.

Harvey Cushing, servant en tant que consultant chirurgical de corps, a noté que les bons hôpitaux dans son secteur transfusaient 50 unités par jour. Ainsi, d'après ces informations, l'on pouvait estimer que plusieurs dizaines de milliers de transfusions ont été réalisées au printemps, été et automne de 1918. Cela signifie que seule une petite proportion de l'ensemble des victimes a reçu du sang.

La transfusion sanguine a été sans aucun doute le développement médical le plus important durant la guerre, grâce à ses procédures qui sont devenues plus

standardisées et qui, certainement, gagneraient une place importante dans la pratique civile.

(a)



(b)



Fig. 13 (a) : Kit portable britannique de transfusion conçu par le britannique Geoffrey Keynes du Royal Army Medical Corps, généralement pas d'anticoagulants utilisés, d'où la nécessité de transfuser le sang juste après sa collecte.

(b) : La bouteille de transfusion sanguine de Robertson.

2- La Deuxième Guerre mondiale (1939-1945) :

Basé sur leur expérience durant la Première Guerre mondiale, les Britanniques entrèrent en guerre avec un système de transfusion sanguine fonctionnant sur le modèle de Robertson. Les États-Unis, entrant en guerre 2 ans plus tard, ont décidé que la transfusion sanguine était trop difficile et dangereuse à promulguer sur une échelle mondiale et que les « substituts sanguins » plasma et plus tard l'albumine, devraient être utilisés comme traitement principal du choc hémorragique.

Les médecins américains travaillant en parallèle avec les hôpitaux britanniques en Afrique du Nord, l'Inde et le Pacifique Sud ont rapidement réalisé qu'ils ont perdu des patients alors que les médecins britanniques sont arrivés à sauver d'autres présentant les mêmes blessures grâce à l'utilisation de la transfusion sanguine.

En Août 1944, la situation était en crise, vu que les grandes armées sur le terrain en Europe et dans le Pacifique avaient besoin de plus de sang qui pourrait raisonnablement être fourni. Des dispositions ont ainsi été mises pour l'approvisionnement aérien de sang total provenant des États-Unis.

Environ 500 000 unités ont été envoyées en 13 mois pour atteindre un maximum de 62.000 unités en Mars 1945. Avec un taux de 2000 unités par jour, c'était sans doute le taux le plus élevé d'expédition de sang dans l'expérience militaire américaine. Trois mois plus tôt, en Décembre 1944, et Janvier 1945, les États-Unis ont participé à la plus grande bataille terrestre de leur histoire : la bataille des Ardennes. Il y avait plus de 81 000 victimes américaines et environ 45 000 unités de sang ont été envoyées des États-Unis. Le froid et l'évacuation lente ont sans doute augmenté la mortalité des blessures, réduisant la demande habituelle du sang. En même temps, les hôpitaux de campagne et les unités

médicales stationnées dans les zones de combat ont recueilli des volumes supplémentaires de sang frais total de plus de 2 millions d'Américains présents en France à l'époque.

Cependant, la contribution du sang prélevé était probablement faible vu la modestie des ressources disponibles localement pour le prélèvement. Un grand hôpital de campagne avec un programme de transfusion actif pourrait avoir seulement 100 bouteilles de transfusion réutilisables et hésiterait à se séparer de quelques unes.

Plus de 6 millions de litres de SFT ont été prélevées par la Croix-Rouge américaine, sous contrat militaire, pendant la Seconde Guerre mondiale, pour la production de plasma lyophilisé, d'albumine, et de SFT. La Croix-Rouge américaine était le partenaire historique de l'armée américaine durant la Première Guerre mondiale, et avait sa propre expérience récente basée sur les travaux de Charles Drew dans la collecte de plasma sanguin pour l'Angleterre. Une partie du sang prélevé a été réservée à la fabrication du plasma sanguin et GR à partir de 4 millions d'unités jetées, certaines unités ont été distribuées dans des hôpitaux militaires, d'autres détournées à des fins civiles, et quelques-unes, environ 4 %, ont été envoyées à l'étranger.

En fin de compte, l'armée a réussi pendant la Seconde Guerre mondiale à construire un programme national de sang et à utiliser une petite partie pour son propre usage. À la fin de la guerre, la démobilisation militaire a conduit à l'effondrement du programme national du sang et sa reconstruction ultérieure comme étant un système civil fragmenté.



Fig. 14 : campagne de don de sang dans un abri souterrain à Paris durant la 2^{ème} guerre mondiale, tenant leur formulaire et bouteille de verre où leur sang sera recueilli.



Fig. 15 : Conteneurs de sang pour transfusion alignées sur un aérodrome en Normandie quelques jours après le jour-J qui viennent juste d'être débarquées d'un avion des Forces Armées des États-Unis. ETO signifie European Theater of Operations (théâtre d'opérations européen)



Fig. 16 : Un infirmier américain administre du plasma sanguin à un soldat blessé.

3- La crise de Corée (1950-1953) :

Cinq ans après la fin de la 2^{ème} guerre mondiale, les américains sont entrés en guerre contre la Corée sans programme de sang, et comme résultat, les services militaires n'ont expédié aucune poche de sang durant les 70 premiers jours du conflit.

C'était une période de chaos, les victimes étaient évacuées par avion vers le Japon. Le premier sang venant des États-Unis est arrivé en Corée, le 6 Septembre 1950, avec le déploiement du premier hôpital chirurgical. L'absence d'un programme de sang militaire constituait une petite partie du grand problème de manque de préparation militaire.

La quantité totale de sang utilisée dans la guerre de Corée était d'environ 400.000 unités sur les 3 ans. Sur une période de 6 mois, le taux ne dépassait jamais en moyenne plus de 500 unités par jour. En outre, en raison de la durée de vie de stockage de 3 semaines du sang total conservé par l'ACD et les longues chaînes d'approvisionnement résultant en une courte durée de conservation, moins de la moitié de tout le sang disponible a été utilisée .

Ce gaspillage de sang a conduit l'armée américaine à investir dans la recherche sur le développement de produits sanguins. Cela a conduit presque immédiatement à la mise en service des poches de sang en plastique et, après 30 années de travail, à développer des techniques pour une conservation plus longue des CGR.



Fig. 17 : Transport aérien de Sang total vers la Corée.

4- La crise du Vietnam (1955-1975) :

La guerre du Vietnam a commencé lentement. En Février 1965, l'armée américaine envoyait 10 unités de sang total tous les 10 jours à un hôpital militaire chirurgical à Saigon. L'attaque de la caserne de conseillers américains à Pleiku le même mois, a fait plus de 100 victimes. L'exigence immédiate de 123 unités de sang a été reçue par la collecte de sang frais total des autres soldats et civils stationnés auprès du lieu du drame. La guerre du Vietnam a continué durant la décennie suivante, impliquant jusqu'à 525 000 militaires américains dans le pays ainsi que des forces sud-coréennes et australiennes. En outre, l'armée américaine a fourni un soutien médical pour les vietnamiens indigènes.

Le programme de sang a atteint un maximum en Février 1969, avec 36.000 unités de CGR par mois, environ 1 200 unités par jour disponibles dans le pays. A cette époque, il y avait plus de 100 équipes chirurgicales dans le pays.

Le programme de sang militaire dans la guerre du Vietnam était pleinement opérationnel durant 10 ans, et plusieurs leçons utiles peuvent en être tirées.

- Au cours de la période 1965 – 1971, environ 1,3 millions d'unités ont été envoyées au Vietnam dont 600.000 ont été utilisées dans les hôpitaux militaires américains. Ainsi, le taux de perte était d'environ 54 %, comparé à 15 – 35 % rapporté dans la pratique civile aux États-Unis au cours de l'ère des 3 semaines de conservation du sang. Les unités en fin d'expiration ont été données au peuple vietnamien.

- Des études cliniques sponsorisées par l'armée visant à étendre la période de stockage du sang total à 4 semaines avec du CPD et à 5 semaines avec du CPDA-, sans aboutir à un produit sous licence.

- Au cours de 1965 et 1966, les CGR et PFC sont devenus disponibles. De petites quantités de SFT ont été prises dans le pays pour la production de PLT

ou pour administration directe aux blessés présentant une coagulopathie. Le système d'approvisionnement ne pouvait pas garantir la sécurité du sang prélevé localement, mais la mémoire institutionnelle, sous forme d'écrits et enseignements des chirurgiens l'ayant utilisé, atteste de sa sécurité et son utilité clinique.

- Plus de 100.000 transfusions de sang O – (non croisé) ont été pratiquées sans une seule réaction hémolytique post-transfusionnelle fatale. Les neuf réactions hémolytiques signalées, qui ont eu lieu pendant la guerre, ont suivi l'administration de sang mal compatibilisé.

- Le stockage d'unités de GR congelés a été brièvement utilisé au Vietnam. La méthode consistait en leur congélation par du glycérol, par la suite leur stockage à – 80 °C, puis elles étaient déglycérolées par le cytoagglomérateur de Huggin et transfusées dans les heures suivant la préparation. Un tel système était très gourmand en ressources. Ainsi un total de 465 unités de GR congelés a été déglycérolé et utilisé en 180 jours, environ 2,5 unités par jour, à une époque où l'utilisation militaire américaine au Vietnam était de 600 unités par jour.

5- La Guerre Froide (1947-1991) :

La Guerre froide n'a jamais éclaté en combats à grande échelle, mais elle a occupé les esprits des planificateurs militaires de 1948 à 1991. Le scénario de guerre majeur envisageait une bataille de chars dans les plaines de l'Europe du Nord impliquant quatre ou cinq armées de chars soviétiques contre les forces de l'OTAN à petit nombre mais mieux équipées avec un avantage aérien.

La doctrine des Forces de l'Air américaines prévoyait un taux de 100.000 blessés par jour, si le combat était lancé avec un besoin de 160.000 unités de sang par jour, ce qui revenait à 4 fois la capacité de production américaine, plus que ce que l'armée était capable de déplacer. Au cours de l'amélioration des stratégies de défense des États-Unis pendant les années 1980, des tentatives ont été faites pour remédier à cette pénurie de sang. Les stratégies comportaient l'augmentation de la capacité du transport aérien, la prise en charge médicale par les alliés de l'OTAN, le déploiement d'équipements de gestion du sang, ainsi que des recherches sur des alternatives comme les substituts globulaires basés sur l'hémoglobine et le sang congelé.

Le pont aérien de Berlin a démontré que, bien que pratiquement toutes les provisions médicales puissent être stockées, ce ne fut pas le cas pour le sang qui, à cette époque, avait une durée de vie de 3 semaines.

Avec cette expérience à l'esprit, l'armée américaine, en collaboration avec le Corps médical de l'armée royale britannique, a lancé un programme de sang congelé. L'investissement dans le développement de sang congelé à usage militaire était en cours depuis le milieu des années 1950 à nos jours et a été financé en grande partie par la marine des États-Unis. Les projets de démonstration au Vietnam et le golfe Persique ainsi que les dépôts de 10.000 unités de sang congelé à Sigonella en Italie, et à Okinawa au Japon, ont réussi à souligner les limites de la technologie. À son apogée, l'armée américaine avait

60.000 unités congelées et des plans pour faire de même à 400.000 unités, mais à aucun moment un scénario plausible n'a été proposé pour décongeler et livrer les unités en temps opportun.



Fig. 18 : Avions de transport C-47 entrain d'être déchargés à Tempelhof

6- La crise du Golfe (1990-1991) :

La guerre du Golfe de 1990-1991, a consisté en une préparation de 6 mois, des assauts aériens pendant 6 semaines et des combats intenses de 4 jours. Plus d'un demi-million de militaires et de personnel de soutien américains étaient dans le théâtre de guerre, et 82.000 unités de GR ont été envoyées au cours de cette période de 8 mois.

Néanmoins, il n'y avait que 250 victimes américaines et environ 250 unités de GR ont été utilisées pour les traiter. En outre, 750 unités ont été utilisées pour traiter les victimes irakiennes, 6000 unités ont été retournées aux États-Unis, et 8000 unités ont été données à la Roumanie. Les 67.000 unités restantes ont été autorisées à expirer sur une période de 8 mois. Ce taux d'expiration était équivalent à celui observé au Vietnam pendant les périodes calmes, à la différence de la durée de vie des unités qui était maintenant de 5 voire 6 semaines. L'expiration reflétait également une planification de 4 unités de GR par victime, une valeur significativement plus élevée que n'importe quel taux d'utilisation historique.

La guerre du Golfe a donné lieu à l'occasion d'utiliser un système de congélation des GR, basé sur une centrifugeuse lave-cellules. 7000 unités congelées étaient disponibles dans deux navires-hôpitaux américains, dont 265 unités ont été décongelées et déglycérolées dans l'un des navires au golfe Persique, sans être utilisées. Plusieurs raisons y sont attribuées dont : l'excès général de GR sous forme liquide, le manque d'expérience concernant les GR congelés, et de sérieuses questions sur la qualité du produit. Il y avait également des restrictions juridiques sur l'utilisation des GR décongelés plus de 24 heures, comme étant un produit sanguin non licencié.

Le petit nombre de victimes américaines dans la guerre du Golfe a éliminé la nécessité d'un triage. Historiquement, un grand nombre de blessés au combat

entraîne rapidement la surcharge des ressources médicales, forçant les chefs des hôpitaux à trier les victimes en les répartissant en fonction de la gravité de leur état. Ce ne fut pas le cas dans la guerre du Golfe où, avec peu de pertes et de vastes ressources médicales, toutes les victimes qui ont un pronostic de survie ont reçu des soins médicaux complets.

Un soldat, blessé par un fragment de munition qui est entré dans le périnée puis est sorti de la paroi abdominale antérieure, a reçu 52 unités de GR, l'équivalent de 20 % de la quantité totale de sang utilisée dans le champ de bataille pour traiter les blessés américains.

Basée sur les expériences de ce genre, l'armée américaine a commencé à accorder une grande priorité au développement de médicaments et de dispositifs pour contrôler l'hémorragie massive.

7- La crise d'Irak : [23]

Expérience de l'utilisation du sang frais total, au niveau du 31^{ème} Hôpital de Soutien des Combats (HSC) à Bagdad, entre 2004 et 2005 :

Afin de faire face aux incidents fréquents (mortiers, lésions par balistiques à haute vitesse) qui nécessitaient des transfusions massives, un protocole de transfusion massive basé sur le sang total a été établi, résumé sur la figure 19.

Après évaluation d'un nouveau blessé par un Chirurgien militaire, la Banque de sang arrête ses activités routinières et entame la préparation des produits sanguins.

Initialement, la Banque livre du sang non comptabilisé type O (un-cross-matched) accompagné de produits sanguins d'urgence pour combler le risque de non disponibilité du sang.

Secondairement, une fois l'échantillon sanguin du malade a été obtenu pour typage, un « paquet de transfusion massive » constitué de 4 CGR et 4 PFC ainsi que de 10 lots de cryoprécipités (riche en facteur VIII, facteur vW et fibrinogène), préparé et délivré en 30-45 minutes. D'autres paquets (sans cryoprécipités), sont délivrés chaque 30 minutes à la demande du chirurgien.

En même temps, a lieu une collecte de sang frais total via un système de « Banque de sang sur pied » (Walking blood bank) supervisée par un infirmier qui s'occupe de rassembler les donneurs, soit du personnel hospitalier, soit des soldats stationnés près de l'hôpital (Walking wounded). Leur sang est dépisté et collecté par le personnel de la banque de sang et infirmiers des autres départements. L'infirmier superviseur passe des coups de téléphone pour contacter des donneurs additionnels avec une hiérarchie spécifique (soldats de la même unité et des unités proches, employés du gouvernement américain à l'ambassade) afin de minimiser le risque infectieux des produits sanguins.

La collecte des premières unités de sang frais total a pris au moins 1 heure depuis la requête lancée par le Chirurgien. Le sang total est collecté en groupes de 4 afin que chaque unité puisse remplacer 1 paquet de transfusion massive (4 CGR + 4 PFC).

La transfusion du sang frais total, contribue à la réanimation du patient et corrige l'acidose, l'hypothermie et la coagulopathie (triade létale du malade), qui en retour contrôlent l'hémostase de façon non chirurgicale.

Ainsi, l'initiation et la terminaison du protocole, est déterminée cliniquement par le chirurgien.

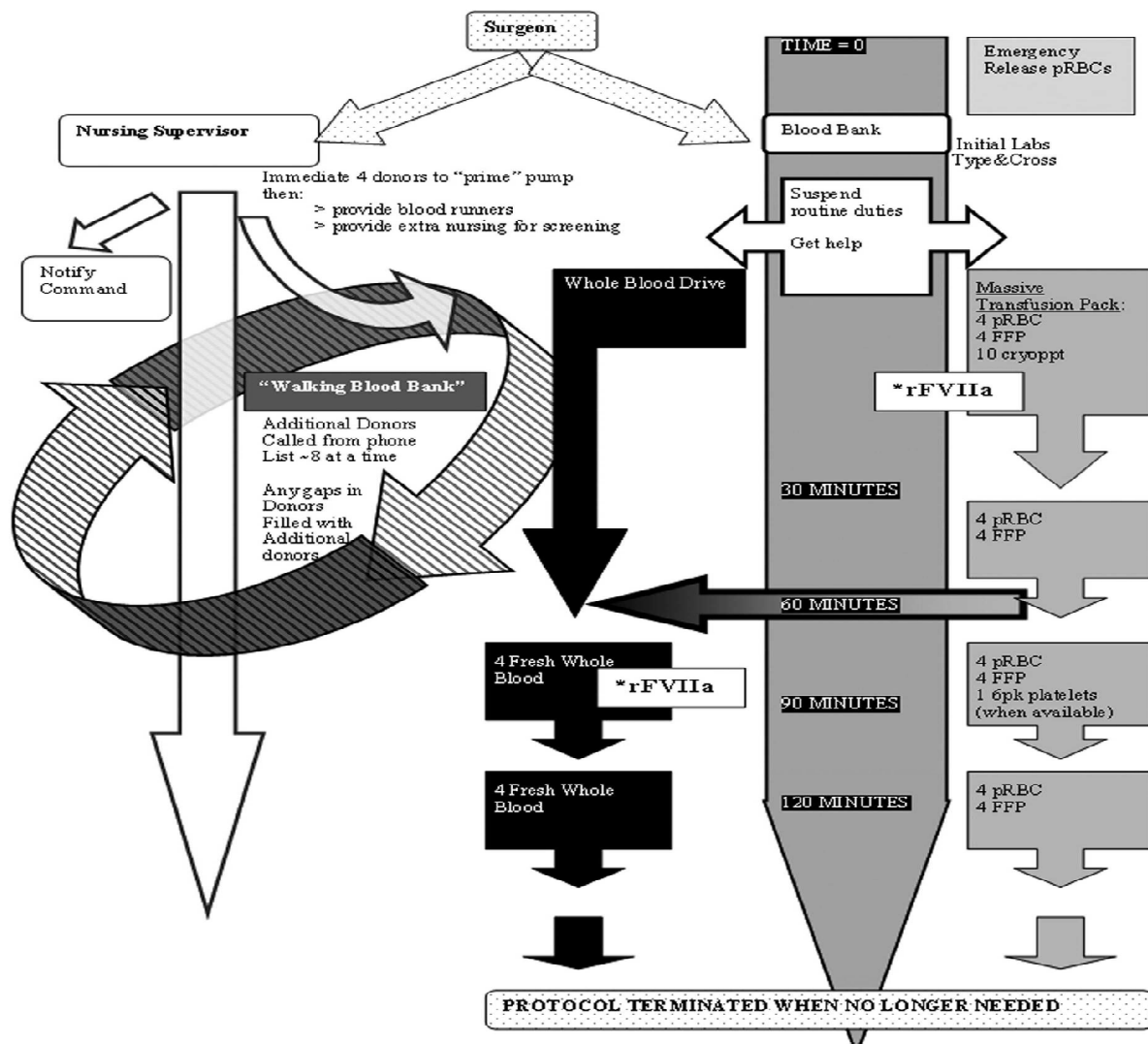


Fig.19: Protocole de transfusion massive

La transfusion des produits sanguins labiles, peut être plus appropriée que le sang frais total pour bon nombre d'indications. Cependant leur transfusion en masse peut créer plus de problèmes qu'ils tiennent à résoudre.

L'exemple le plus clair est ceci : le mixage d'une unité CGR (335 mL) avec un taux d'hématocrite à 55% + une unité de CP avec 5.5×10^{10} Plq + une unité PFC (275 mL) avec un taux de facteurs de coagulation de 80%, donne un mélange de 660 mL avec un taux d'hématocrite à 29%, 88.000 Plq/mL et un taux de facteurs de coagulation de 65% .

En contraste, 500 mL de sang frais total contient un taux d'hématocrite de 33-43%, 130.000-350.000 Plq/mL et un taux de facteurs de coagulation de 86%.

Du point de vue logistique, le traitement du sang en différents composants, demande certainement plus de temps, d'argent et de matériel, c'est seulement logistiquement avantageux, quand c'est fait avant qu'on en ait besoin.

Ainsi, quand une population de donneurs est définie et caractérisée, comme c'était le cas du 31ème Hôpital de Soutien des Combats (HSC) à Bagdad, il est normal que dans le cas d'une transfusion massive ou d'une situation de blessés en masse, la balance logistique tende vers l'utilisation du sang total.

B- L'expérience militaire française :

Il en sera question dans ce chapitre de voir l'apport transfusionnel au service de santé des armées (SSA) ainsi qu'une étude faite à l'hôpital militaire français de Kaboul entre 2006 et 2009.

1- L'expérience du service de santé des armées (SSA) : [24]

Différentes situations d'exception peuvent nécessiter une transfusion sanguine, mais c'est pour la prise en charge du blessé de guerre en choc hémorragique, que le service de santé des armées (SSA) a mis en place les procédures les plus spécifiques.

Ces spécificités prennent en compte les exigences réglementaires nationales, européennes et de l'OTAN, mais aussi sociétales en matière de transfusion sanguine et d'hémovigilance.

La volonté de maîtriser les processus et le refus de l'improvisation, ont conduit à la rédaction d'un document technique qui encadre l'ensemble des activités et des acteurs impliqués dans la transfusion sanguine en situation d'exception. L'évolution des types de conflit (guérillas et explosifs plus que combats conventionnels et armes à feu) et le port systématique d'effets de protection balistique, modifient la répartition et la gravité des lésions qui atteignent dans 80% des cas les membres, et sont souvent très hémorragiques car très délabrantes.

La doctrine du SSA, pour la prise en charge du blessé hémorragique, associe des gestes de secourisme de combat et une extraction hélicoptérée médicalisée pour amener au plus vite le blessé vers une structure médicochirurgicale où seront pratiquées une chirurgie d'hémostase de sauvetage (damage control) et une réanimation transfusionnelle permettant la survie et l'évacuation sanitaire stratégique. Dans ce contexte, les concentrés de globules rouges et le plasma cryodesséché produits par le Centre de transfusion sanguine

des armées (CTSA) ainsi que le sang total collecté sur le terrain, font régulièrement la preuve de leur efficacité.

D'une manière plus générale, l'approvisionnement en produits sanguins, le conseil transfusionnel, l'hémovigilance et l'enseignement des activités transfusionnelles appliquées aux opérations extérieures, sont de la responsabilité du CTSA.

La collecte et la transfusion de sang total sont des techniques spécifiques à la transfusion en situation d'exception qui prennent en compte le bénéfice – risque mais, pour en réduire le risque infectieux résiduel, des recherches sont conduites pour la mise au point de techniques de viroatténuation efficaces sur le sang total.

Une étude faite par le SSA, qui porte sur la transfusion en missions extérieures a été réalisée, les données tirées de l'expérience française ont également été confrontées à celles des américains, compte tenu de la richesse de leur expérience acquise en Irak et en Afghanistan.

L'étude du processus transfusionnel fait ressortir que 16% des blessés de guerre sont des traumatisés graves hémorragiques qui doivent donc être transfusés massivement (10 ± 6 CGR par blessé transfusé).

Les avancées les plus marquantes dans le domaine de la transfusion sanguine en opex, sont :

- la nécessité de maîtriser le groupage sanguin et son inscription sur la plaque d'identité du combattant ;

- la nécessité d'appliquer, au blessé de guerre, les recommandations européennes de 2007 quant à la prise en charge des hémorragies du traumatisé grave :

- hémoglobine supérieure ou égale à 8 g/dL ou hématocrite supérieur ou égal à 25% ;

- taux de prothrombine supérieur ou égal à 40% ;
 - transfusion selon le rapport un plasma pour un CGRD ;
 - numération plaquettaire supérieure ou égale à 50×10^9 /L (100×10^9 /L en cas de traumatisme crânien) ;
 - réchauffement actif (température supérieure ou égale à 34 °C) ;
 - correction de l'acidose ($\text{pH} \geq 7,2$) ;
 - fibrinogène supérieur ou égal à 1,5 g/dL ;
 - apport de chlorure ou de gluconate de calcium ;
 - pression artérielle systolique supérieure ou égale à 70 mmHg.
- l'intérêt des trois variables prédictives d'une transfusion massive : le taux d'hémoglobine, le taux de prothrombine et le mécanisme lésionnel ;
 - la mise en évidence d'une coagulopathie précoce (dès l'admission) chez 40% des traumatisés graves hémorragiques, responsable du surcroît de mortalité du blessé de guerre hémorragique ;
 - l'efficacité remarquable du sang total sur les troubles de coagulation (apport, à bonne température, des facteurs de coagulation et des éléments figurés du sang non altérés et en bonne proportion), avec une diminution de la mortalité..

En parallèle, le blessé hémorragique bénéficie très rapidement, sur le lieu de ramassage (moins de 10 min), d'une prise en charge adaptée comportant la mise en place de garrot(s) et de pansement(s) hémostatique(s), si cela est possible, et d'une perfusion d'hyperSS (250mL de sérum salé hypertonique plus macromolécules) ;

Ce traitement est complété par une réanimation circulatoire visant à maintenir une perfusion tissulaire compatible avec la survie (pouls périphérique perceptible) pendant la phase d'évacuation tactique (hélicoptère le plus souvent)

qui doit amener le blessé au groupement médicochirurgical (rôle 2/3), idéalement en moins de 60 min (en pratique 90 min) ;

L'objectif de ce traitement est d'amener le blessé vivant au rôle 2/3 où seront pratiquées une chirurgie d'hémostase limitée aux gestes d'urgence (*damage control*) et une réanimation transfusionnelle qui comporte la transfusion de produits sanguins autant que de besoin, l'apport d'oxygène, la prescription d'amines pressives, le maintien d'une perfusion tissulaire, le réchauffage, la correction de l'acidose, l'apport de fibrinogène et de calcium.

Quand toutes les techniques d'hémostase et de réanimation transfusionnelle sont épuisées et qu'il persiste une hémorragie, l'utilisation de facteur VII activé recombinant (rFVIIa) peut être envisagée pour les traumatismes fermés, selon les recommandations européennes pour réduire les besoins transfusionnels ;

Enfin, dès que le blessé est stabilisé, il sera évacué par voie aérienne stratégique vers un hôpital de métropole pour les soins complémentaires (reprise chirurgicale secondaire).

Pour répondre aux besoins de la réanimation transfusionnelle, le Centre de transfusion sanguine des armées (CTSA) approvisionne régulièrement les opex en CGRD et plasma cryodesséché sécurisé déleucocyté (PCSD), comme le montre la figure 20.



Fig. 20 : Transport de CGRD par voie aérienne.

La dotation est calculée pour permettre d'attendre la collecte de ST en cas de besoins massifs (plus de cinq CGRD en 3 h ou dix CGRD en 24 h) ou de besoin en plaquettes.



Fig.21 : Dotation de 30 CGRD conditionnés pour un transport entre +2 °C et +10 °C.

Le PCSD est un plasma thérapeutique préparé exclusivement par le CTSA, depuis 1994, pour les besoins des opex. Il présente beaucoup d'avantages puisqu'il se conserve deux ans à température ambiante, se reconstitue en moins de 6 min et ne comporte pas de groupe sanguin (usage universel). En revanche, sa préparation est très lourde et coûteuse. Il bénéficie depuis l'an 2000 d'un suivi clinique spécifique et, depuis 2010, d'un suivi biologique (hémostase avant et après utilisation). La prescription de la collecte de SFT puis de la transfusion de SFT sont de la responsabilité du médecin anesthésiste réanimateur et doivent être suivies sur un document spécifique qui en assure la traçabilité (fiche dérogatoire de recours au ST).

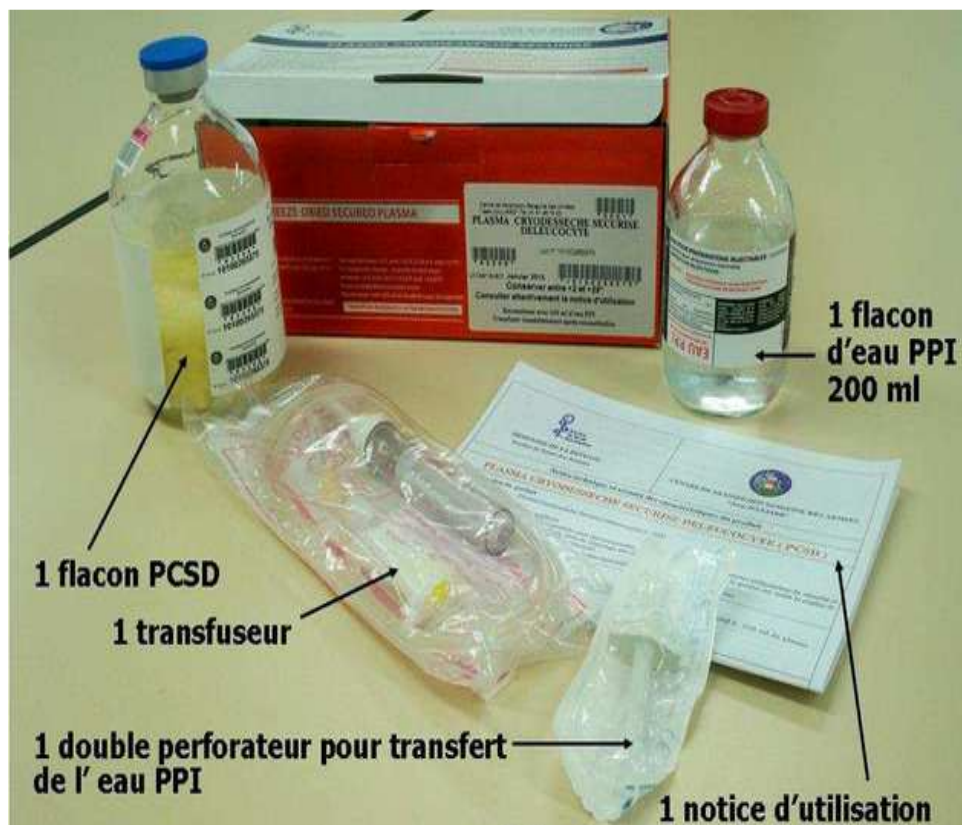


Fig.22 : Plasma cryodesséché sécurisé déleucocyté (PCSD). PPI (pour préparation injectable)

La transfusion de SFT doit toujours être isogroupe. Elle fait appel à des donneurs français ou, en cas de besoins dépassant les ressources françaises, des donneurs étrangers appartenant à des nations qui appliquent les directives européennes ou les exigences de l'OTAN en transfusion sanguine.

Pour diminuer le risque infectieux résiduel, les donneurs français sont présélectionnés avant le départ en opex et réinterrogés en sélection médicale juste avant le don de ST. Ce don fait ensuite l'objet d'un contrôle immédiat, sur le terrain, du groupe sanguin A B O D et d'un dépistage du VIH + VHC. Dans le même temps, des tubes échantillons sont conditionnés pour être envoyés au CTSA où sera réalisée une qualification biologique du don à postériori.

La traçabilité de tous les produits sanguins distribués en opex et de tous les actes transfusionnels réalisés en opex, est assurée, à postériori, par le CTSA. Pour faciliter le travail de recueil des données sur le terrain, des fiches pré-imprimées, très simples, sont mises à disposition des utilisateurs et sont ensuite retranscrites sur le logiciel transfusionnel du CTSA.

2- L'expérience du groupement médicochirurgical Warehouse de Kaboul : [25]

Une étude a été faite concernant l'emploi de la transfusion de sang frais total (SFT) à l'hôpital militaire français de Kaboul entre 2006 et 2009. 15 patients ont reçu un total de 66 poches. Aucun agent pathogène n'a été identifié sur les prélèvements sanguins réalisés sur les donneurs lors des collectes et analysés à posteriori par le CTSA. Le temps nécessaire à l'obtention d'une poche de SFT après prélèvement était de l'ordre de la demi-heure.

La Transfusion de SFT dans le service de santé français reste exceptionnelle en comparaison avec les données américaines. Le volume des forces engagées et le nombre de blessés en découlant peuvent expliquer cette différence.

Sur les 66 poches de SFT transfusées, 7 ont été stockées pendant plus de trois heures à l'occasion du même épisode transfusionnel. Les équipes des hôpitaux de campagne américains, collectent le sang total avant l'arrivée des blessés. Puis, il est stocké à température ambiante durant huit heures puis à +4°C, pour une durée ne dépassant pas 24 heures, s'il n'est pas utilisé. Dans ce cas, l'inscription « non fresh whole blood » est apposée sur les poches. Ces poches sont considérées comme équivalentes à 1 CGR + 1 PFC (sans activité plaquettaire). Le SSA français ne recommande pas le stockage du SFT car le bénéfice de l'apport de plaquettes disparaît alors.

L'hémovigilance est une obligation légale. Le taux de déclaration au CTSA estimé par l'étude est de moins d'une TSFT sur deux. Le contexte de réalisation des TSFT (isolement, urgence hémorragique) pourrait expliquer en partie la sous déclaration. Depuis la réalisation de ce travail, le CTSA a modifié ses pratiques et accentué la formation des personnels soignants avant départ et le taux de déclaration a été amélioré. La qualité de la sélection des donneurs de sang, est

un élément déterminant de la diminution du risque de transmission d'agents pathogènes. L'utilisation de donneurs réguliers concourt à diminuer encore ce risque. Dans cette enquête, les trois quarts des donneurs recensés au CTSA étaient des donneurs réguliers. Les rares chiffres disponibles dans la population afghane, montre un risque de transmission d'agents pathogènes très supérieur à la population française, en particulier pour l'Ag HBs. Ces données plaident pour l'abandon de donneurs afghans lors de TSFT.

La TSFT impose une transfusion en identité ABO, en raison des risques immuno-hématologiques potentiels. Les donneurs de groupe O ne peuvent en TSFT être considérés comme des donneurs universels. L'absence de qualification biologique pré-don étendu ne permet pas d'exclure d'éventuels donneurs O « dangereux » porteurs d'hémolysines anti-A ou anti-B. La transfusion du sang de tels donneurs à des patients non O, peut être à l'origine de réactions d'incompatibilité graves de type hémolytique.

La prise en charge moderne du traumatisé grave en choc hémorragique nécessite la transfusion de globules rouges, de facteurs de la coagulation et de plaquettes. Malgré les défis sécuritaires qu'impose sa réalisation, le SFT est pour l'armée française en opération extérieure, la seule source de plaquettes. Des alternatives à l'emploi de SFT existent. Depuis 2004, l'armée américaine dispose sur le terrain, en Irak et en Afghanistan, de machines d'aphérèse et d'une chaîne de production de concentrés de plaquettes, au prix d'un investissement financier et humain important, avec la constitution « d'équipes d'aphérèse » de sept personnes formées à cet emploi, sans pour autant parvenir à l'obtention d'un produit sanguin satisfaisant à toutes les exigences de la Food and Drugs Administration (FDA).

Les effectifs disponibles dans les structures médicales de l'avant du service de santé français, ne plaident pas pour une telle allocation de moyens. De plus,

l'analyse des registres de blessés ayant bénéficié de transfusion de plaquettes d'aphérèse, en Irak, dans les hôpitaux de campagne américains, ne montre pas de gain de survie à cette stratégie comparée à l'utilisation du SFT.

Le service de santé néerlandais, à la suite d'un cas de transmission d'hépatite B après TSFT durant le conflit bosniaque, a abandonné l'utilisation de SFT. Elle utilise depuis lors des plaquettes congelées préparées en Hollande. Stockées à - 80 °C, les plaquettes sous forme congelée sont utilisées avec succès depuis les années 1970. Les contraintes logistiques de fabrication et de maintien de la chaîne du froid, durant le transport et en opération, sont des facteurs limitants de la technique. De plus, cette forme de stockage conduit à une dégradation des fonctions plaquettaires.

Le risque de transmission d'agents pathogènes, est lié à l'absence de contrôle pré transfusionnel étendu, et aux limites des TDR réalisés sur le SFT. Le SSA recommande actuellement la réalisation d'un TDR du VIH et VHC avant transfusion, et à l'envoi de tubes pour contrôle au CTSA.

Des mesures ont été entreprises depuis la réalisation de cette étude entre 2006 et 2009 comportant trois volets :

- Le premier est la mise en route d'une politique de présélection des personnels, avant déploiement en opération extérieure, lors de la visite médicale d'aptitude et distribution d'une nouvelle série de questionnaires pré-don lors du déploiement sur le théâtre d'opérations.

- Le second volet est la réalisation d'une formation spécifique à la pratique de la TSFT pour les personnels médicaux, juste avant le départ sur le théâtre d'opération extérieure.

- Enfin, les TDR pour l'hépatite C, ont été rendus disponibles dans les structures médicales de l'avant.

La transfusion sanguine a connu une grande avancée durant la Première et Deuxième guerre mondiale, dont l'amélioration des techniques de transfusion et la constitution d'un système de banques de sang ont été d'une grande aide aux soldats en opérations extérieures.

La guerre du Vietnam a coïncidé avec l'avènement des produits sanguins labiles qui seront plus tard livrées par voie aérienne aux théâtres d'opérations.

Cependant comme l'a montré la situation d'Irak, la collecte sur les lieux et l'utilisation de sang frais total comme produit de transfusion s'est révélé d'une efficacité et d'une économie logistique par rapport aux PSL.

En outre, l'expérience française en opex sur l'utilisation des produits cryodesséchés (CGR et PCSD) a contribué à une prise en charge rapide et efficace des soldats blessés.



CHAPITRE III : TRANSFUSION SANGUINE EN SITUATION DE CATASTROPHE



La transfusion sanguine a été sans doute d'un grand support médico-chirurgical en périodes de guerres.

En effet l'approvisionnement en produits sanguins labiles ainsi que la collecte du sang des soldats et personnels stationnés dans le théâtre d'opérations extérieures afin d'utiliser du sang frais total s'est montré d'un grand intérêt.

Cependant d'autres situations d'exceptions telles les catastrophes naturelles constituent un grand challenge au pays et à son système de banques de sang.

Ainsi le besoin non anticipé de produits sanguins, ainsi que les obstacles entravant sa mise à disponibilité et sa livraison sont des critères importants dans l'efficacité d'un plan de réaction à un désastre donné.

Ce chapitre traitera les principaux événements qui ont soulevé une problématique d'un point de vue transfusionnel, ainsi que les différentes approches mises pour y faire face en fonction des moyens de chaque pays.

A- L'effondrement des tours du World Trade Center (11/09/ 2001, États unis) : [26]

Quelques heures après les attaques menées contre le World Trade Center et le Pentagone, la Croix-Rouge Américaine a publié un communiqué de presse informant qu'elle possédait plus de 50.000 unités de sang disponibles pour les victimes et que les dons de sang en urgence n'étaient pas nécessaires.

En revanche, le Ministère de la Santé et des Ressources Humaines, a ordonné la collecte immédiate de sang, au niveau des instituts de recherche sur la santé les plus proches, pour les victimes de l'attaque menée contre le Pentagone. La FDA a autorisé le dépistage des donneurs bénévoles, l'expédition interétatique de provisions de sang non licencié ainsi que la transfusion de sang non complètement testé.

L'Association Américaine des Banques de Sang a ensuite sollicité les citoyens pour le don. Les Centres de transfusion ainsi que la Croix-Rouge ont commencé des collectes de sang massives, et le lendemain, même le personnel de la Maison Blanche a été invité à donner du sang.

Le 14 Septembre, la FDA a annulé son approbation d'envoi et de transfusion de sang testé partiellement, et une tentative pour stopper les dons nationaux a été lancée.

A New York, les cinq hôpitaux les plus proches du site de la catastrophe, ont admis 139 patients, la plupart pour brûlures et inhalation. Le CTS de New York, qui fournit normalement 80 % de sang pour les hôpitaux de la ville, a ajouté 600 unités - soit 20 % de plus - aux provisions déjà stockées dans les hôpitaux. Le Centre a reçu 12.000 appels téléphoniques et collecté plus de 5000 unités de sang dans les 12 premières heures. Les victimes de l'attaque sur le Pentagone ont été hospitalisées à Washington D.C. et dans les régions voisines en Virginie. Le centre régional de la Croix-Rouge a augmenté les stocks de sang

dans les hôpitaux dans les heures suivant la catastrophe. Pendant ce temps, le sang était en collecte dans les hôpitaux. Dans la semaine suivant le 11 Septembre, les CTS ont recueilli 167.000 unités de sang de plus, par rapport à l'année précédente, dans la même période. La Croix-Rouge a poursuivi ses missions, et a collecté entre le 11 Septembre et le 14 Octobre environ 287.000 unités de plus que dans la même période de l'année précédente. Plus d'un million de donneurs bénévoles ont contacté les centres de collecte de sang. Les hôpitaux étaient incapables de tester tout le sang collecté, et les provisions de sang qui ne pouvaient pas être utilisés, n'ont pas été comptabilisées, car ils ne pouvaient entrer dans la chaîne de provision déjà surchargée. Plus de 475.000 unités ont été recueillies pour les victimes de la catastrophe, mais seulement 258 unités ont été utilisées, comme figure sur le tableau VI.

Tableau VI : nombre des victimes ainsi que le sang disponible à New York et Washington D.C.

CITY	VICTIMS		BLOOD		
	KILLED	HOSPI- TALIZED	ON HAND	COLLECTED NATIONWIDE	TRANS- FUSED
		no.			units*
New York City	Approximately 3000	139	NA		224†
Washington, D.C.	189	61	12,000		34‡
Total				>475,000	258

Après le 11 Septembre, l'altruisme de ceux qui ont donné leur sang, a été reconnu à travers le monde. Robert Jones, président de la New York Blood Center, a écrit : "Les gens avaient besoin de soutien d'amis, voisins et même d'étrangers. Les sites de dons de sang leur ont donné cette opportunité ainsi qu'une mission à délivrer. La réponse étant disproportionnée par rapport à la nécessité médicale, la valeur sociale du don de sang est devenue beaucoup plus importante à la communauté qu'à sa valeur médicale."

Un avantage à long terme est à tirer de cette expérience, vu que l'histoire a montré que près de 40 % des personnes qui donnent leur sang pour la première fois, en réponse à une catastrophe, le feront pour tout autre événement dans les six mois qui suivront.

Le système de gestion de sang était en totale anarchie après les attaques terroristes. Les plaquettes habituellement prélevées à partir de sang total, n'ont pas été utilisables. Dans un hôpital, où des bénévoles ont aidé dans le screening sanguin, 11 % du sang collecté ne pouvait pas être utilisé en raison d'erreurs de dépistage.

L'expérience dans les collectes de sang effectuées à proximité du site de catastrophe, a montré que les approvisionnements excédentaires peuvent être distribués à d'autres lieux. Après l'explosion d'Oklahoma City en 1995, l'Oklahoma Blood Institute a envoyé 6.848 unités de sang en excès à d'autres régions du pays. Cela n'a pas été possible dans l'attentat du 11 Septembre parce que le gouvernement fédéral avait jugé que tous les dons des régions du pays seraient nécessaires à New York et à Washington DC.

Le stockage de sang congelé requiert une technologie qui est complexe et coûteuse. Après l'attentat du 11 Septembre, la Croix-Rouge était en mesure de congeler seulement 9.500 unités de son surplus. Le Sang frais a une durée de vie de 42 jours, et la Croix-Rouge, qui doit normalement jeter 3 % de ses réserves

de sang stockées en raison de la date d'expiration, s'est débarrassé de 17 % (soit 49,860 unités) des 287.000 unités supplémentaires collectées .En outre, ce chiffre ne comprend pas le sang qui a été distribué aux hôpitaux sans être utilisé. Le gouvernement fédéral a accordé plus d'un demi-million de dollars à quatre organisations pour les frais de collecte et traitement du sang.

Enfin, il y avait le problème de mauvaise perception du public vis à vis de l'industrie du sang après les événements de Septembre 11. Les critiques de mauvaise gestion du sang et de l'argent recueilli après les attaques a contribué à un bouleversement majeur dans l'administration de la Croix-Rouge américaine.

Les événements du 11 Septembre 2001, montrent qu'un appel en masse n'est pas un moyen efficace pour recueillir le sang. La planification des catastrophes exige une autorité de coordination de sang établie par l'administration locale de gestion des urgences afin de superviser la collecte et la distribution du sang.



Fig. 23 : longue ligne d'attente des donneurs de sang bénévoles le 11 septembre 2001

Après le 11 Septembre, la Croix-Rouge américaine a déclaré qu'elle « maintenait la réserve de sang nationale afin que le sang soit disponible pour tout patient qui en aura besoin ». Cette affirmation ne s'applique pas pour la moitié du pays non couverte par la Croix-Rouge américaine. Les hôpitaux et les médias doivent être informés de l'autorité de coordination de sang mise en place et de son plan pour assurer un approvisionnement suffisant en sang en cas de catastrophe.

Quand une catastrophe se produit, l'autorité de coordination de sang (au niveau local, régional ou national, selon l'ampleur de la catastrophe) devrait s'adresser au public dans les plus brefs délais, avant qu'un grand nombre de personnes donnent du sang inutilement. Le message initial, comme il a été délivré à Kansas City, Sioux City, et Denver, devrait être que le sang collecté ne sera pas utilisé le même jour, mais qu'il peut y avoir un besoin urgent de dons à l'avenir pour remplacer et maintenir les réserves de la communauté. Ce message devrait être suivi, après un court intervalle, par des informations sur les réserves de sang qui ont été utilisées et le programme de dons qui seront nécessaires de façon régulière.

B- Le séisme de Bam (26/12/2003, Iran) : [27]

Le 26 décembre 2003, un séisme de magnitude 6,5 à Bam, située dans la province de Kerman, a donné lieu à une des plus grandes catastrophes quant au nombre des décès signalés (> 29 000) et des blessés (> 23000).



Fig. 24 : La ville de Bam, au Sud-Est de l'Iran, après le séisme.

Les réseaux de distribution d'eau potable, de l'électricité, des lignes téléphoniques ainsi que les chemins de transport terrestre ont été paralysés, le transport aérien à l'aéroport de Bam est resté cependant fonctionnel. Les établissements de santé dans la région ont presque été détruits, et environ 50% du personnel de santé ont été signalés morts ou portés disparus. De nombreux hôpitaux à travers le pays ont reçu un total de plus de 12.000 patients blessés dans les premières 24 heures du séisme.

En même temps, il y avait un flux important de donneurs au niveau des centres de collecte de sang. La collecte et le traitement de sang étant gérés par le IBTO (Iranian Blood Transfusion Organization), le flux des donneurs n'a pas distraité les hôpitaux et autres centres de soins de santé de leurs principales activités. Le nombre moyen quotidien d'unités de sang distribuées dans les hôpitaux à travers le pays et dans les hôpitaux de la province de Kerman durant les quatre premiers jours suivant le séisme, figure dans le tableau VI ci-dessous.

Tableau VI : Dons de sang et sa distribution dans les 4 premiers jours suivant le séisme et dans une situation normale.

Situation	Daily Average No. of Blood Units Donated in the Country	Daily Average No. of Blood Units Distributed in the Country	Daily Average No. Blood Units Distributed in Kerman
The first four days	27,246 (6.9-fold increase)	7,519 (1.3-fold increase)	458 (3.7-fold increase)
Normal situation	3,458	3,250	98

Abolghasemi © 2008 Prehospital and Disaster Medicine

Un total de 108.985 unités a été collecté, mais seulement 21 347 unités (23 %) ont été distribuées aux hôpitaux à travers le pays, dont 1.231 unités (1,3%) réparties dans les hôpitaux de Kerman pendant les premiers quatre jours.

Le nombre de dons de sang envoyés à Téhéran ou Kerman dans les quatre premiers jours du séisme, est retracé dans la figure 23.

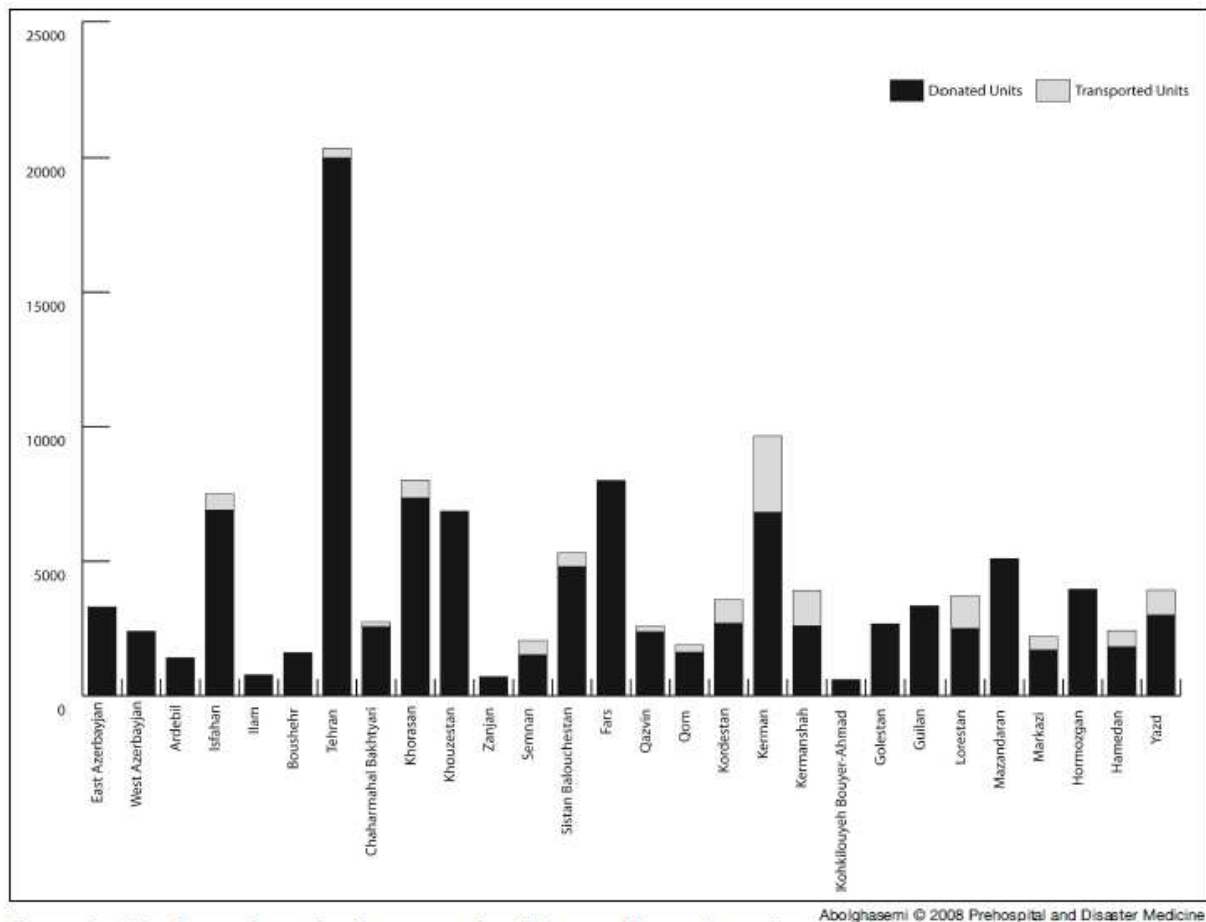


Fig.25 : Unités de sang collectées par les différentes provinces et transportées vers Téhéran ou Kerman.

Le centre de coordination de Téhéran a reçu 6,830 unités de sang provenant de plusieurs provinces. En situation normale, l'inventaire de sang de l'Iran et des provinces de Kerman contient 22,249 et 1,140 unités, respectivement. Cependant, en raison d'un programme national de vaccination contre la rougeole et la rubéole, et afin d'assurer la sécurité du sang, les autorités sanitaires ont recommandé que les personnes récemment vaccinées ne donnent pas leur sang, ce qui a abouti à une manque dans le stock de Kerman, avec un total de 270 unités de sang seulement le matin du séisme. Les provinces voisines ainsi que celles éloignées de Kerman, ont fourni un total de 2.736 unités de sang au centre de Kerman.

Bien que la quantité de sang fournie par l'IBTO en réponse au séisme fût suffisante, une analyse ultérieure a démontré quelques lacunes. Le problème majeur dans la gestion de l'IBTO résidait dans le fait qu'il n'existait pas de plan de réponse au désastre avant la survenue du séisme. Cela a été aggravé par les obstacles rencontrés dans la communication, le transport, et la coordination entre les centres de collecte. La plus grande difficulté pour l'IBTO n'était pas le manque d'approvisionnement en sang, mais le manque de coordination du système de collecte. L'expérience de Bam a catalysé l'exigence d'une préparation aux catastrophes et un plan de réponse détaillé couvrant principalement les besoins en sang, les moyens pour faciliter le transport des produits sanguins à la zone touchée, et des mesures efficaces pour communiquer le besoin du don de sang au public.

La première étape de l'IBTO était de désigner une « force spéciale de désastre » comme le principal groupe coordinateur de toutes les futures activités de préparation et réponse aux catastrophes. Ce groupe de travail se compose de représentants des différents secteurs de l'IBTO impliqués dans des activités de préparation aux catastrophes et d'intervention, y compris la collecte de sang et le traitement, le transport, la sécurité, les communications et la gestion du personnel.

Les produits nécessaires et les mesures d'intervention en cas de catastrophe, sont identifiés par le groupe de travail, et leur disponibilité est inventoriée sur une base régulière. L'IBTO a montré que 76% des unités de sang envoyées à la province de Kerman, ont été fournies par les provinces voisines. Les provinces ayant un accès rapide à la zone touchée, jouent un rôle considérable dans la réponse au besoin émergent de sang au sein de la zone touchée. Par conséquent, le plan de l'IBTO a désigné ces « provinces d'assistance » comme les « premiers intervenants » pour les produits sanguins afin d'éviter les dons inutiles et la surcharge venant des provinces reculées.

Le personnel du CTS de toutes les provinces, reçoit maintenant une formation spécifique sur l'attitude à adopter face à une catastrophe. Des manœuvres d'intervention sont effectuées périodiquement pour maintenir le personnel en disponibilité permanente.

Afin de veiller à une bonne communication entre la force spéciale de désastre, les CTS et les hôpitaux, un membre du personnel dans chaque CTS et ses hôpitaux affiliés est identifié comme le personnel contact, et ses informations sont vérifiées de façon périodique.

Le centre de collecte de sang au niveau de la zone touchée, communique avec le personnel contact pour évaluer la nécessité de sang et autres produits sanguins. L'évaluation permet de déterminer si les produits sanguins nécessaires, peuvent être fournis à partir de l'inventaire local; les résultats sont communiqués au groupe de travail. Si le besoin d'aide venant de sources extérieures se présente, le groupe de travail va activer les centres compétents des « provinces d'assistance ».

Le groupe de travail saura également reconnaître le besoin ou non d'une collecte de sang massive en urgence. Gérer le flux énorme des donateurs de sang, est l'un des principaux défis durant une catastrophe. Les piliers de la stratégie de gestion du groupe de travail comprennent la communication d'un message unique à la population concernant la nécessité du don en urgence et l'enregistrement des donateurs de sang pour la première fois pour assurer leur rappel en temps opportun.

Toutes les considérations prises par le groupe de travail portent sur les principaux inconvénients des expériences antérieures dans les domaines de la communication, le transport, et la coordination.

C- Le tsunami de Sri Lanka (26/12/2004) : [28]

La gestion du système sanguin en cas de catastrophes, est l'un des principaux défis pour tout service de transfusion sanguine exposé aux risques naturels tels que les séismes, les inondations et les tsunamis, les menaces biologiques telles que la pandémie de grippe ainsi que le terrorisme.



Fig. 26 : Tsunami du Sri Lanka, décembre 2004

Sri Lanka a dû faire face à ces types de situations. Le plus inattendu et terrible était le tsunami du 26 Décembre 2004, catastrophe qui a coûté plus de 30.000 vies humaines, laissant plus de 23 000 blessés. Les services de santé étaient surmenés par le nombre de cadavres et blessés, la plupart par noyade. Les blessures variaient des petites lacérations aux plaies plus profondes, fractures des membres, lésions d'organes et traumatismes crâniens.

Le Service National de Transfusion Sanguine (SNTS) devait coordonner son approvisionnement en sang de manière efficace et gérer un grand nombre de donneurs de sang au cours des premiers jours du tsunami.

En contraste à cette crise aiguë du tsunami, Sri Lanka a également fait face à une " catastrophe chronique " de 3 décennies en raison de la guerre séparatiste menée par les Tigres tamouls, jusqu'à sa fin en 2009. Le pays avait connu durant cette période des attaques terroristes de grande échelle où des kamikazes, des mines claymore, étaient responsables d'un nombre élevé de cadavres et de blessés.

Bien que le nombre de morts et de blessés fût excessif, les besoins en sang étaient dans les limites de gestion du stock de sang disponible. La figure 26 montre les issues quotidiennes de sang à l'hôpital d'Ampara, dans la province de l'Est qui était sévèrement touchée, au cours de la semaine précédant et suivant le tsunami du 26 Décembre 2004. Il n'y avait pas eu d'issue de disponibilité des globules rouges immédiatement après la catastrophe. La tendance était essentiellement la même dans tous les autres hôpitaux dans les zones touchées.

Cela semble être le scénario dans la plupart des catastrophes naturelles enregistrées dans le monde, qui ne montre pas d'augmentation immédiate dans les besoins en sang.

Cependant, certains centres de sang hospitaliers dans les provinces du Sud qui ont été sévèrement touchées, la collecte quotidienne de sang était tombée pratiquement à zéro, immédiatement après le tsunami, comme il est retracé sur la figure 27.

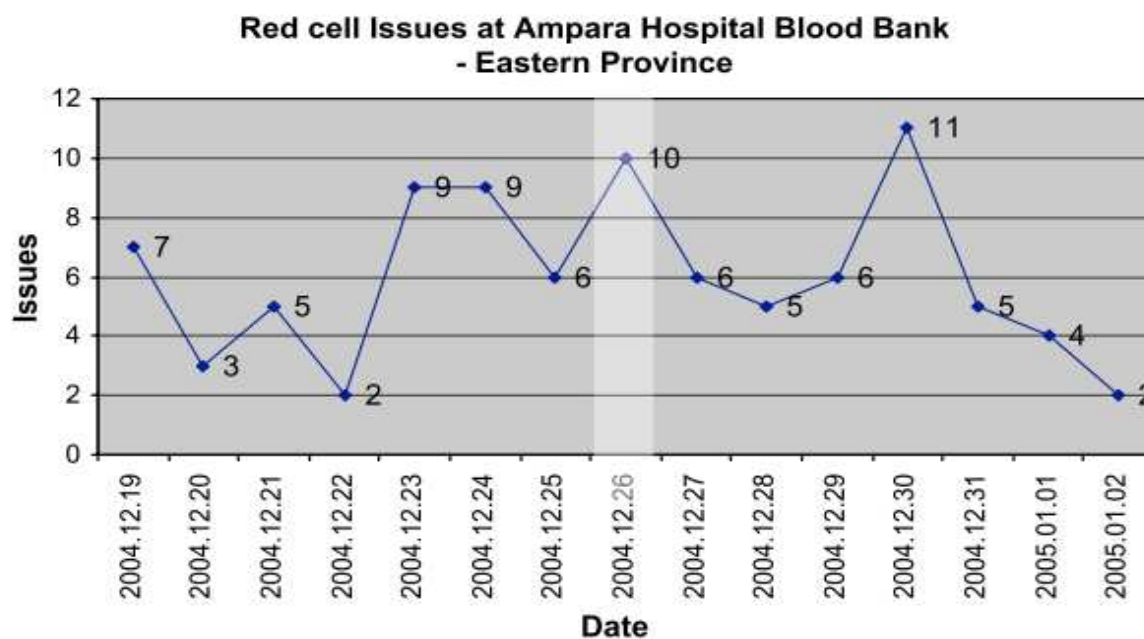


Fig.27: Distribution des besoins en globules rouges à l'hôpital d'Ampara.
Pas de problème de disponibilité durant la semaine précédant et suivant le
Tsunami (26/12/2004)

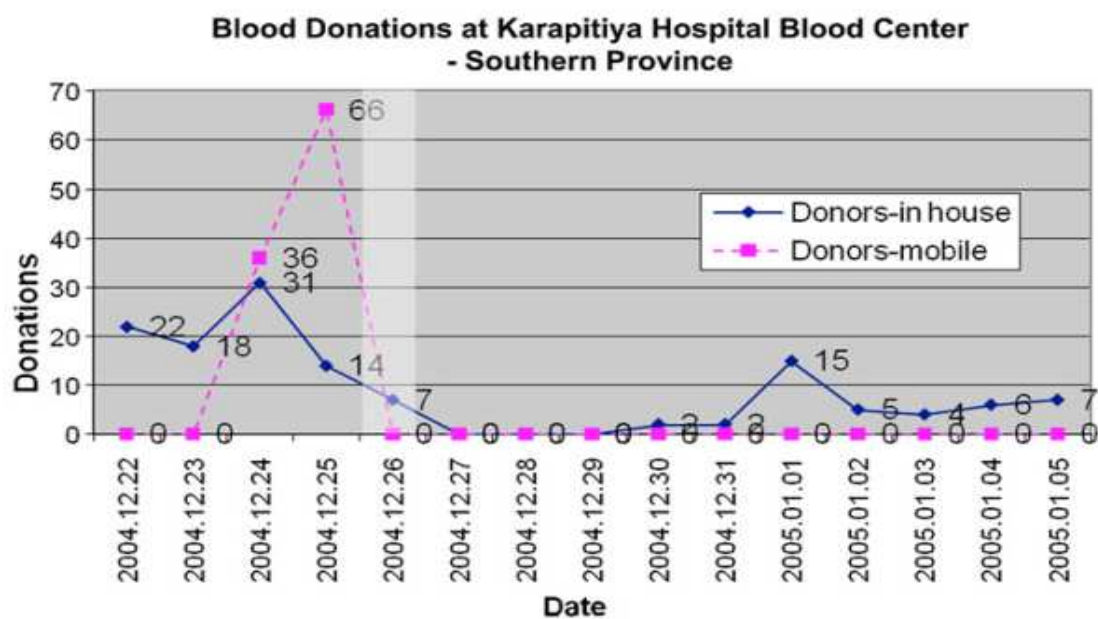


Fig. 28 : Dons de sang au CTS à l'hôpital de Karapitya (province du Sud) :
Aucun don de sang pendant la semaine du tsunami et après.

Dans cette situation, la stratégie principale du SNTS était de mobiliser ses stocks de sang pour les endroits à besoin, de façon efficace, par le biais de son réseau national coordonné des banques de sang. Les Centres Régionaux et les principales banques de Sang des Hôpitaux (BSH) à accès rapide aux zones touchées, ont joué un rôle considérable dans la satisfaction des besoins urgents en sang au sein de ces zones.

Par conséquent, le SNTS a utilisé ses stocks de sang disponibles à travers une coordination efficace avec les Centres Régionaux de proximité et les BSH comme " 1^{ère} ligne des fournisseurs " des produits sanguins pour éviter des dons inutiles et une surcharge non coordonnée des autres provinces lointaines.

En outre, cette stratégie a utilisé les moyens de transport rapides dont disposent les Centres Régionaux et les BSH dans le but d'atteindre les endroits touchés.

Dans cet arrière-plan, le SNTS n'avait pas besoin de faire un appel public au don. Toutefois, pendant les grandes catastrophes naturelles, une forte réponse de la part du public, est spontanément générée.. En effet, un grand nombre de volontaires s'est présenté à la banque de sang de l'hôpital national immédiatement après la catastrophe, comme le montre la figure 28.



Fig. 29 : Dons de sang à l'hôpital principal de la province de l'Ouest avant et après le séisme.

Toutefois, le SNTS a réussi à convaincre la plupart de ces donateurs de l'importance du don au bon moment afin d'assurer une utilité maximale de ce dernier. Cette stratégie a grandement contribué à éviter une charge de travail additionnelle et les risques de sécurité supplémentaires associés au flux massif des donateurs.

L'expérience dans le monde a montré à maintes reprises que la non coordination du flux massif de donateurs de sang pose un défi pour le système de collecte de sang. Dans un scénario typique d'une catastrophe donnée, des centaines de personnes altruistes se pressent vers les lieux de collecte de sang.

Cependant, dans ces situations, le staff qualifié est en sous-effectif avec un risque élevé d'erreurs de dépistage en raison de la rapidité de recrutement du personnel et du surmenage du staff. Dans de telles situations, les réserves et capacités de stockage sont généralement poussées à leur limite, avec le risque de mauvaise prise en charge du sang collecté.

En outre, à la suite d'une telle opération massive de collecte, la plupart des dons de sang voient leur date expirée avec un effet de désillusion des donateurs bénévoles qui voient leur «don de vie» gaspillé sans être utilisé. Ce fut le cas pendant les événements suivant l'attaque du 11 Septembre 2001 aux États Unis, durant laquelle, une semaine après, il y avait eu un nombre sans précédent du flux de donateurs de sang vers une collecte de sang massive dépassant largement les besoins réels des victimes.

On retient enfin que l'expérience du Sri Lanka avec le tsunami, ainsi qu'avec les actes de terrorisme au cours des trois dernières décennies ont montré à maintes reprises l'importance d'évaluer les besoins et de planifier les actions à entreprendre, en temps de paix, en vue d'anticiper la gestion des situations de catastrophe. Un plan pour le service de transfusion sanguine afin de déterminer

si un scénario donné, conduirait probablement à l'utilisation de sang, et si c'est le cas, juger si le sang disponible est suffisant ou pas.

Dans le cas où du sang supplémentaire est nécessaire, ce dernier doit être apporté avant l'épuisement du sang actuellement disponible dans le stock. La collecte, le traitement, le dépistage et distribution du sang doivent être planifiés, et l'offre adaptée à la demande. Il est important que des messages ciblés au public et aux futurs donneurs soient prévus, en évitant d'alarmer inutilement la population afin de ne pas créer à long terme un manque de confiance et une désillusion vis-à-vis du système sanguin.

En ce qui concerne les services de transfusion sanguine la gestion des catastrophes devrait être une partie intégrante du processus de planification de gestion générale. L'implication des équipes inter-fonctionnelles et de soutien de haut niveau est essentielle. La réponse développée doit être proportionnelle aux risques et à leur impact.

En se basant sur les expériences passées, des recommandations générales peuvent être faites quant à la gestion de catastrophes, du point de vue de système sanguin, telles que :

1 - Veiller à ce que les BSH maintiennent une préparation d'inventaires en tout temps et lieu, avant la survenue d'une catastrophe naturelle (Un allongement de 7 jours de l'inventaire combiné des collecteurs de sang et des hôpitaux serait accepté) ;

2- Contrôler les collectes non coordonnées surpassant les besoins actuels ;

3- Fournir un message clair et précis à la communauté de sang, aux donneurs et au public au sujet de l'état de l'approvisionnement en sang (sur l'échelle locale et nationale) ;

4- Assurer une planification continue, y compris la participation à des exercices de simulation d'une catastrophe et une étroite coordination avec les organismes interventionnels sur les plans local et national ;

5- Assurer la gestion globale de l'inventaire avec une coordination continue entre les centres de sang et les moyens de transport ainsi que les produits sanguins ;

6- Enfin, les services de transfusion sanguine, qui planifient en cas de survenue de catastrophe, doivent tenir compte de plusieurs autres aspects, lors de l'élaboration de leur plan de préparation. Ceux-ci comprennent, la détermination des politiques de gestion lors des situations d'urgence ; la définition des rôles et responsabilités; l'élaboration de plans de communication; la gestion des donneurs de sang; des plans pour intensifier les opérations; la coordination du réseau de distribution avec les hôpitaux; l'arrangement des provisions supplémentaires, le transport, la nourriture, l'eau, etc.

D- Le séisme du Cachemire, Pakistan (8/10/2005) : [29]

Le 8 Octobre 2005, un séisme de 7,6 de magnitude sur l'échelle de Richter a frappé la belle vallée de la région himalayenne du Cachemire, prenant une ampleur sans précédent sur la vie humaine avec un nombre de décès estimé à 73.000, et rendant des millions de personnes sans abri après l'anéantissement total de villes et de villages.

Son épicentre était situé près de Muzaffarabad, la capitale du Cachemire, à 96 km au nord-est d'Islamabad, au Pakistan.



Fig. 30 : Image aérienne de Balakot, Pakistan, après le séisme.

Le 3 Novembre 2005, le nombre de morts a augmenté à 73 276 et le nombre de blessés graves a grimpé à 69 260. C'était, de loin, la plus grande catastrophe naturelle dans l'histoire du Pakistan. Dans un pays où le don de sang bénévole constitue seulement 25%, comparé à 62% des donneurs familiaux et 13% provenant de dons rémunérés, il a été en effet réconfortant d'assister à de longues lignes sans précédent de donneurs de sang volontaires.

Parmi les sept grands hôpitaux dans cette région, seulement trois avaient des services fonctionnels de transfusion sanguine : deux hôpitaux à Abbotabad (Ayub Medical Complex et le Combined Military Hospital) ainsi que le District Headquarters Hospital à Mansehra. Le Combined Military Hospital à Muzaffarabad avec l'Azad Jammu et les services de transfusion sanguine du Cachemire ont été complètement anéantis. L'hôpital de secours dans le Mansehra's Government College manquait de services de transfusion sanguine. Le District Headquarters Hospital à Abbottabad, par manque de personnel, ainsi que le Abbas Institute of Medical Science à Muzaffarabad, faute d'alimentation, n'avaient pas de banques de sang fonctionnelles.

En même temps, l'Ayub Medical Complex à Abbotabad, le seul hôpital tertiaire dans la zone touchée, recevait le plus grand nombre de victimes. Ainsi, il devait accroître ses réserves de sang. Malheureusement, sa banque de sang initiale a été endommagée par le séisme, et celle de remplacement était trop petite avec espace insuffisant pour installer les donneurs de sang et deux techniciens pour effectuer les procédures sérologiques et le stockage du sang.

En même temps, l'approvisionnement en sang volontaire était abondant dans tous les centres. Cependant, en raison d'un manque de coordination entre les services de transfusion sanguine, une pénurie de certains groupes sanguins, a été notée dans chaque centre.

Certains bénévoles avaient recueilli du sang en organisant des campagnes de don de sang à travers le pays et dans les zones touchées et insistaient également sur le personnel chirurgical pour qu'ils accroissent les demandes de transfusion sanguine de sorte que le sang collecté soit utilisé en temps opportun.

Des agences internationales de don ont été fondées en utilisant le sang importé de leurs pays respectifs. Plusieurs organisations de donneurs volontaires ont maintenu une ligne d'approvisionnement en sang, ce qui a conduit à d'autres exemples du genre avec une certaine compétition. Entre-temps, aucune documentation n'a été fournie par les organisations de donneurs de sang comme preuve de l'adoption des protocoles utilisés pour la sélection des donneurs et les méthodes utilisées pour le traitement, le dépistage et le transport du sang. En routine, les banques de sang dans les zones touchées ne vérifiaient pas les poches de sang susceptibles d'être hémolysées ou contaminées. Une inspection d'un lot de 50 unités après une mise en quarantaine de 24 h, a montré cinq poches de sang hémolysées. Les trois banques de sang avaient toutes des réfrigérateurs, mais avec une capacité de stockage extrêmement faible. Presque toutes avaient recours à l'utilisation des réfrigérateurs domestiques, afin de stocker le sang. Face aux fréquentes coupures de courant et au manque de techniciens électriques, les banques utilisaient tous les équipements électriques à leur disposition. D'autres issues ont surgi posant quelques problèmes, dont :

1- La plupart du sang disponible dans les banques était du sang total, et aucune des institutions n'avait de plasma congelé, de cryoprécipités ou de concentrés plaquettaires ;

2- Le groupage sanguin par technique sur lame, était le seul test effectué avant la transfusion.

3- Aucune mesure n'a été prise pour le dépistage de sang ;

4- La documentation concernant les tests de compatibilité était, soit inexistante, soit très superficielle ;

5- Les demandes de sang contenaient très peu d'informations concernant le patient ;

6- Des sacs ont été trouvés sur les comptoirs afin de « garder le sang chaud » avant la transfusion ;

L'estimation globale des besoins en sang était de 2 unités pour chaque opération importante par la plupart des chirurgiens, mais la réelle utilisation du sang durant une chirurgie majeure effectuée au cours de cette période n'a pu être déterminée en raison du manque d'informations sur le motif d'admission, les procédures chirurgicales suivies, et les demandes de sang faites.

Cependant, la réelle utilisation du sang notée plus tard était assez faible. Les motifs d'admission, rapportés par plusieurs chirurgiens qui travaillaient dans ces zones, se divisaient en trois vagues :

Dans la première vague, qui a duré les 3-5 premiers jours, les blessés par écrasement ont été admis le plus souvent. Le besoin de sang était élevé, mais la disponibilité était limitée.

Dans la deuxième vague, après ouverture des liaisons routières et établissement d'autres équipes de sauvetage, les patients présentant des lésions des tissus mous et des fractures ont été transférés depuis les zones éloignées. La transfusion s'est effectuée principalement durant les opérations chirurgicales majeures, et par la suite, la disponibilité du sang s'est nettement améliorée.

La troisième vague a commencé quand des hôpitaux de campagne ont été établis, les systèmes de référence développés, et quand les patients gravement malades ont été transportés par vol vers les établissements de soins tertiaires. Le besoin global en sang avait depuis lors nettement réduit.

Après nomination du personnel technique, le support sous forme de sang Rh négatif, de verrerie, d'antisérums, de l'ensemble de l'équipement pour la transfusion sanguine, de centrifugeuses de bureau et de réfrigérateurs pour les banques de sang, constituaient leurs requêtes souvent répétées.

La nécessité des services de transfusion sanguine était élevée alors que ces derniers étaient limités durant les premiers jours du séisme, cependant, plus tard après leur amélioration, leur besoin avait aussi diminué, en raison du changement du motif d'hospitalisation.

Il a été reconnu que, avant d'établir les services de transfusion sanguine d'urgence lors de la phase initiale d'une catastrophe, il était essentiel de répondre aux exigences d'infrastructures adaptées, de fournir les équipements et l'organisation de base dans les services de santé. En ces situations, un réseau de banques de sang mobiles équipées d'un bon stock de sang sécurisé ainsi que d'équipement et de personnel technique peuvent fournir des services de transfusion sanguine adéquats et efficaces.

Ces banques de sang mobiles peuvent être positionnées à tout endroit. Elles augmentent également la sécurité du personnel ainsi que les procédures de la banque de sang afin de se préparer aux dégâts et aux fréquentes coupures de courant électrique.

La qualité et la sécurité du sang étaient un autre sujet de préoccupation majeure dans les zones touchées par le séisme. Les organisations des donneurs de sang ont été plus concernées par la quantité que par la sécurité de la procédure.

Face à une catastrophe d'une telle ampleur, un comité de coordination des services de transfusion sanguine, des banques de sang mobiles et des organisations de donneurs de sang volontaires doivent être mis en place. Cela contribuerait à améliorer l'efficacité des services et d'économiser sur le

personnel ainsi que sur le matériel et les ressources des produits sanguins. Cela réduirait considérablement la répétitivité résultant de la mauvaise gestion des services. Une organisation nationale des services de transfusion sanguine et le développement de normes minimales de qualité en temps normal, permettrait d'assurer la sécurité transfusionnelle durant les situations d'exception. Par conséquent, pour développer tout plan de transfusion sanguine d'urgence, il est impératif avant tout d'organiser les services de transfusion sanguine sur le plan régional et local.

L'estimation initiale de 2 unités de sang pour toute chirurgie majeure par la plupart des chirurgiens interrogés, peut être due au nombre important de patients avec des blessures par écrasement pris en charge dans la première vague d'admission, mais le faible besoin en sang dans les jours suivants pouvait être attribué à une modification du système d'admission. Ces constatations sont compatibles avec d'autres expériences mondiales. [30]

E- L'effondrement du pont de Minneapolis, États Unis (01/08/2007) : [31]

Durant ce premier jour du mois d'août 2007, personne n'aurait prédit la chute du pont I-35 dans le Mississippi River. Construit en 1967, il avait été classé en 2006 comme « structurellement déficitaire, mais ne nécessitant pas de remplacement immédiat ». Environ 141 000 voitures / jour traversaient le pont. L'effondrement est survenu à 18h05, et fort heureusement, près du pont se situe le Hennepin County Medical Center (HCMC), grand hôpital de niveau de soins primaire.



Fig. 31 : Effondrement de la Portion Nord du pont 35W. Les débris ont atteint 1.6 km de longueur

Réponse et planning face à la catastrophe :

L'incident a relativement été bien couvert grâce à un plan mis en place et simulé régulièrement en cas de catastrophe. Le plan comprenait la notification de personnel hors temps de travail, un plan de réponse aux incidents pour les 24 organisations des services pré hospitaliers d'urgence (SPU), ainsi que la participation des pompiers de Minneapolis. Sous les auspices de l'unité locale de préparation aux catastrophes, il y avait eu des exercices pour diverses catastrophes (bien que l'effondrement d'un pont n'en faisait pas partie), pour qui il y a eu des réponses coordonnées entre pompiers, police, SPU ainsi que d'autres services.

Un modèle de plan interventionnel pour les établissements de soins de santé au cours de la réponse initiale a été résumé dans le cadre **CO-S-TR**.

Co (4) Commandement, Contrôle, Communication, Coordination.

S (4) Space, Staff, Stuff, Spéciale (logistique).

Tr (4) Triage, Traitement, Transport et Tracking.

L'information initiale à propos de l'effondrement du pont a été reçue à environ 18h10 lorsque l'hôpital HCMC était presque à pleine capacité. Seulement 5 lits d'unités de soins intensifs étaient disponibles. Dans la salle d'urgence, les patients les plus gravement malades amenés par ambulance sont initialement examinés et stabilisés dans une salle à quatre, dont 2 lits étaient déjà occupés. Une alerte orange a été déclarée à 18h15 ; ce qui a déclenché automatiquement plusieurs fonctionnalités à savoir : retenir le personnel en service, et alerter tout le reste du personnel de l'hôpital. En outre, les zones d'accueil des patients ont été vidées, les lits d'urgence ouverts, et un centre de commandement de l'hôpital a été établi dans une zone pré-désignée.

C'était vers 16h40 que les premiers patients critiques sont arrivés à l'hôpital où ils ont été reçus par un grand nombre de personnel qui est descendu aux urgences.

Au cours des 2 h qui ont suivi, 25 patients critiques ont été reçus dont 1 arrivé décédé (décédé en cours de transport dû à des lésions thoraciques majeures).

Sur les 24 patients, 60% ont été admis : 6 ont été intubés, 5 sont allés directement au bloc après stabilisation dont une pour une césarienne en urgence due à une souffrance fœtale (avec un bon résultat pour la mère et le bébé).

En 45 minutes après que l'alerte orange soit déclarée, le plan interventionnel a été activé et 20 lits de soins intensifs additionnels, ont été mis à disposition (en faisant appel à du personnel supplémentaire et en transférant les patients stables aux étages), 10 salles de bloc ont été ouvertes et équipées (au lieu des 2 blocs pour toute la soirée) et tous les 3 scanners étaient fonctionnels (normalement, seule celle des urgences est démarrée après les heures de travail).

Issues spécifiques côté transfusion :

En voyant que l'étendue des blessures était inconnue et que l'issue des transports ne ferait qu'empirer, le gestionnaire de service au Memorial Blood Centers a pris la liberté de contacter tous les hôpitaux à proximité des lieux de l'accident qui accueillent les blessés, afin de leur envoyer des unités supplémentaires groupe O en proportion à leur inventaire et besoin estimés. Comme la plupart des grandes catastrophes antérieures relativement peu d'unités ont été utilisées. En fait, seulement 13 unités de CGR ont été utilisés durant cet après-midi au HCMC et seulement 50 produits au total pour les 24 patients gravement blessés à la fin de la semaine. Puisque le besoin exact de sang et la charge de travail au service de transfusion étaient inconnus au moment de la réception des unités supplémentaires, un appel de techniciens additionnels

a était lancé, ces derniers sont venus du laboratoire, et d'autres par la suite, de leur domicile.

Les mesures spécifiques de transfusion suivant l'alerte orange :

Une fois le personnel informé, il y a une procédure opérationnelle standard pour le laboratoire et le service de transfusion. Le plan du laboratoire dirige le service de transfusion pour évaluer l'état actuel des provisions en sang, contacter le directeur médical, communiquer avec le Memorial Blood Center et le centre de transfusion de la communauté pour organiser les produits nécessaires, et pour conserver les globules rouges O négatifs. Le plan spécifique du service de transfusion souligne ce qu'il faut faire en cas de problèmes tels que : arrêt des ordinateurs, panne des téléphones et de l'électricité ou des réfrigérateurs/congérateurs pour le stockage de produits sanguins. Ce plan implique également le personnel qui remplit une fiche d'outil d'évaluation. Cette fiche documente l'état de l'inventaire, les systèmes qui marchent et ceux en panne, et les actions nécessaires au service de transfusion afin de gérer le niveau de catastrophe.

La disponibilité d'une quantité suffisante d'unités de groupe O Rh (-) était facilitée par la politique de longue date de réserver les unités Rh (-) pour les femmes, tandis que les transfusions d'urgence non cross-matchés pour les hommes, utilisaient des unités de groupe O avant le typage spécifique du sang.

En sachant que la majorité des traumatisés sont de sexe masculin, cela prévient la consommation d'unités O Rh (-). Puisque 6/7 receveurs d'unités Rh (+) sont Rh (+) eux-mêmes, cela est sans conséquence pour la majorité, et les rares patients survivants Rh (-) ne deviennent sensibilisés que des semaines plus tard. Dans le cas où un patient avait été préalablement sensibilisé, un interrogatoire précis le confirme et si pas d'antécédents, un screening à la

recherche d'anticorps est en général réalisé dans la première demi-heure après l'arrivée du patient.

Comme toutes les plaquettes transfusées dans l'établissement, sont collectées par aphérèse et fonctionnellement libres de globules rouges, il n'y a pas lieu de compatibilité Rh des plaquettes, ce qui a simplifié leur obtention et leur distribution durant la catastrophe.

Un suivi biologique des patients était impératif avec des bilans biologiques : Hte, Hb, PLT, TP/INR, Fibrinogène pour guider la transfusion.

En ce temps où la politique transfusionnelle à l'hôpital n'adhérait pas à un ratio fixe de GR par rapport au plasma, il était cependant prudent de ne pas attendre l'état de coagulopathie de dilution. Le ratio par défaut était de dispenser environ 1 unité de plasma décongelé pour 2 unités de globules rouges, à ajuster en fonction des résultats des bilans d'hémostase. L' HCMC laisse à tout moment 2 unités de plasma AB décongelés.

Cette faible quantité de sang utilisé est entièrement compatible avec plusieurs événements de traumatismes en masse. Schmidt a revu les catastrophes civiles aux États-Unis, et a constaté que leur quasi-totalité ont utilisé moins que le volume quotidien de collecte du CTS le plus proche, qui en général maintient un inventaire de 3-5 jours en tout temps.

Depuis l'effondrement du pont, le personnel de l'hôpital a collaboré avec les forces de prévention de catastrophes régionales afin d'inclure la transfusion dans la planification du scénario. Ainsi des simulations d'évènements de tirs en masse on été réalisées, durant lesquels ont été inclus les centres de traumatologie et de transfusion afin d'évaluer le timing nécessaire pour la livraison de plaquettes supplémentaires (en réalité une boîte vide) du CTS au laboratoire (<30 min), démontrant ainsi un faible stock de plaquettes au centre de

traumatologie. Un travail a été fait également sur les différents moyens de communication, en cas de panne.

Finalement, il n'y a pratiquement pas de catastrophes qui dépasse l'inventaire total des produits sanguins disponibles quelque part, mais les détails de provision exacte des composants nécessaires dans le lieu et temps voulus, seront mieux assurées grâce aux simulations de plusieurs scénarios avant la survenue de la catastrophe et grâce à la prise de conscience du personnel de la banque de sang de leurs rôles ainsi que leurs moyens de réponse . Cela garantira une meilleure communication et moins d'obstacles lorsque le véritable événement se produira.

F- Le séisme de Wen Chuan (12 mai 2008, Chine) : [31]

L'hémorragie était la principale cause de mort lors du séisme de Wen Chuan survenu le 12 mai 2008. Le remplissage de soluté et/ou la transfusion sanguine, étaient les moyens thérapeutiques nécessaires, afin de maintenir une pression sanguine de base chez les patients. Cependant, la transfusion peut entraîner des complications. Ainsi l'application raisonnable et efficace des produits sanguins était d'une grande importance.



Fig. 32: Séisme de grande ampleur (8.0 sur l'échelle de Richter) a dévasté Wen Chuan, province de Sichuan, le 12 mai 2008.

Un total de 149 victimes du tremblement de terre a été admis à l'hôpital de Xinqiao. 41 patients d'entre eux ont bénéficié d'une thérapie transfusionnelle. Il est décrit ainsi leurs conditions cliniques à l'admission ainsi que leur réponse au traitement :

- ✓ Les 41 patients ayant bénéficié de transfusions sanguines, comptaient 16 cas de sexe masculin et 25 cas de sexe féminin, dont l'âge variait de 7 mois à 88 ans.

- ✓ Il y avait 23 cas de fracture osseuse, 5 cas de Crush syndrome (= syndrome des ensevelis dont 2 cas compliqués d'insuffisance rénale aiguë), 1 cas de traumatisme crânien, 2 cas de saignement digestif haut, 3 cas d'anémie d'origine hémorragique, 1 cas d'hémo-pneumothorax, et 7 cas de blessures autres.

- ✓ 7 patients étaient de type A, 11 de type B, 19 de type O, et 4 de type AB.

- ✓ Tous les cas étaient Rh (D+).

- ✓ 28 patients avaient reçu des transfusions massives, et 13 avaient reçu des transfusions sanguines en per-opératoire.

Les blessures courantes causées par le tremblement de terre incluaient les lésions des tissus mous et organes (par compression systémique), les traumatismes multiples, saignement extériorisé. L'heure de blessure avant l'admission à l'hôpital était généralement longue ; la plus longue période était de 179 heures. La transfusion massive de produits sanguins était d'une grande utilité thérapeutique dans la prise en charge des victimes du séisme.

Les recherches soulignent l'importance de la transfusion de sang équivalant au volume sanguin corporel dans les 24 h, où 50% du volume sanguin corporel dans les 3 h, la perfusion des CGR au-delà de 20 U, et la transfusion de produits sanguins labiles comprenant plaquettes et plasma au besoin.

Les patients subissant une transfusion sanguine massive sont à risque de développer une coagulopathie. Certains peuvent même présenter des hémorragies microvasculaires. La supplémentation de facteurs de coagulation coïncidant avec l'augmentation du taux érythrocytaire et de l'hématocrite est d'une grande importance.

Néanmoins, la pratique transfusionnelle de PFC pour les patients avec de multiples hémorragies, est encore controversée. Dans cette étude, le PFC était donné à 22 victimes après transfusion de 8.6 U de sang total et / ou de CGR. Il n'y avait pas de réaction post- transfusion, ni de troubles hydro-électrolytiques. Les taux de potassium sérique ont légèrement diminué après transfusion. Les taux d'érythrocytes et d'hématocrite ont augmenté significativement après la transmission. En outre, les troubles d'hémostase ont été corrigés chez 2 cas. Les effets bénéfiques de la transfusion de sang étaient significatifs.

La médecine transfusionnelle a été utilisée pour sauver des milliers de vies lors des catastrophes naturelles et durant les guerres. Cela améliore grandement les chances de survie des patients, et le sang entier se révèle être d'une grande flexibilité sur le plan opérationnel et propriétés fonctionnelles (plaquettes, plasma et érythrocytes) par rapport au traitement de produits sanguins isolés.

Tableau VII: les valeurs de laboratoire des victimes du séisme ayant reçu du sang (n=41).

	Erythrocytes ($10^9/L$)	Hct (%)	K ⁺ (mmol/L)	Na ⁺ (mmol/L)	Cl ⁻ (mmol/L)
Before the blood transfusion	$2.84 \pm 0.55^*$	21.35 ± 5.30	4.64 ± 0.67	138.38 ± 6.71	105.72 ± 7.80
24 h After the blood transfusion	3.80 ± 0.53	$31.98 \pm 5.25^*$	$4.06 \pm 0.30^*$	138.27 ± 3.82	105.04 ± 5.39

De l'effondrement des tours jumelles en 2001 à l'effondrement du pont de Minneapolis en 2007, en passant par les séismes de Bam et du Cachemire, l'apport de la transfusion en ces situations d'exception, n'a cessé de se montrer d'un grand intérêt dans la prise en charge des blessés.

Si l'expérience du 11 septembre a révélé l'inefficacité de l'appel en masse au don de sang s'est avéré tout aussi nocif que la pénurie de sang rencontrée durant le séisme de Bam, le manque de préparation et de coordination entre les principaux acteurs concernés (centres de collectes, banques de sang des hôpitaux, services de transport) entre également dans les principales causes de dysfonctionnement de la collecte et la distribution de sang aux victimes des catastrophes.

Ainsi il est judicieux d'adopter en avance un plan de réponse au désastre dans lequel la coordination efficace et rapide, la préparation et surveillance du stock de sang, la formation du personnel à la gestion des situations critiques de sang, et enfin le contrôle des collectes par rapport au réel besoin seraient de mise.



CONCLUSION



La transfusion de produits sanguins labiles constitue un élément fondamental dans le support médico-chirurgical, non seulement lors des opérations militaires extérieures, mais aussi durant les catastrophes et désastres.

Cependant, le système transfusionnel, en ces situations d'exception, connaît de nombreuses difficultés allant de l'infrastructure des lieux et organisation et mobilisation des banques de sang, à la disponibilité du sang et des donneurs en cas de besoins.

La non coordination du flux massif de donneurs de sang pose un défi pour le système de collecte de sang. En effet, en situation d'exception, le sous effectif du personnel face au nombre important de donneurs de sang, contribue à un risque élevé d'erreurs de dépistage et de mauvaise prise en charge, ce qui mène souvent à un effet de désillusion des bénévoles qui voient leur « don de vie » gaspillé.

Un plan du service de transfusion sanguine, devrait être adopté, afin de déterminer si un scénario donné conduirait à l'utilisation de sang, et si c'est le cas, juger du besoin additionnel. Ce dernier doit être apporté avant l'épuisement du sang actuellement disponible dans le stock. La collecte, le traitement, le dépistage et distribution du sang, doivent être planifiés, et l'offre adaptée à la demande.

Le renforcement des réserves de sang, diminue le stress sur le système de collecte en cas de crise, mais le problème du transport de ces réserves, est tout aussi important. La planification du système de sang a besoin de recentrer l'attention de la collecte pour inclure les issues de distribution.

A ce moment, il n'y a aucune preuve que le sang congelé, ou tout autre produit sanguin labile, fournit un avantage sur les CGR dans les situations de catastrophes à grande échelle. En effet, l'infrastructure et le coût de production de ces produits, les rendent difficilement disponibles dans de telles situations. (Procédures de cryocongélation du sang gaspillent 20% à 30% des GR et les unités sont de courte durée de vie). Des simulations de catastrophes régionales et nationales réalistes devraient se concentrer sur la mobilisation rapide de petites quantités de CGR.

Les systèmes de banques de sang robustes, standardisées, locales et régionales fournissent des réservoirs de personnel formé et des installations bien équipées. Combinés à une planification d'urgence flexible et bien réfléchie, de tels systèmes sont amplement en mesure de fournir les besoins en sang, lors de catastrophes majeures.



RÉSUMÉ



Résumé

Titre : Transfusion des produits sanguins labiles en situations de guerres et de catastrophes

Auteur : AMINE QAT

Rapporteur : Pr. ABDELKADER BELMEKKI

Mots clés : Transfusion sanguine ; Produits sanguins labiles ; Hôpital de Soutien des Combats ; Opérations extérieures ; Banques de Sang des Hôpitaux ; Catastrophes.

La transfusion sanguine constitue l'une des activités les plus sensibles et délicates dans un système de santé, en raison de la nature humaine des produits utilisés. Elle est soumise à des règles d'éthique et techniques, en vue de protéger et garantir la qualité et la sécurité du produit, que ce soit en milieu hospitalier, dans une situation normale ou en pleine crise.

Ainsi, la transfusion de produits sanguins labiles en situations d'exception, constitue l'un des éléments majeurs pour le soutien médico-chirurgical, que ce soit lors des opérations militaires extérieures, ou bien durant les catastrophes naturelles.

Cependant, le système transfusionnel en ces situations, connaît de nombreuses difficultés allant de l'infrastructure des lieux à l'organisation et mobilisation des banques de sang, la disponibilité du sang et des donneurs en cas de besoins.

Ce travail de recherche bibliographique, a pour but de mettre en évidence l'impact bénéfique de la transfusion sanguine dans les situations de guerre et des catastrophes naturelles, ainsi que les obstacles souvent rencontrés et les principaux plans et recommandations mis en œuvre pour pallier à ces difficultés.

Summary

Title: Transfusion of blood components during wars and disasters

Author: AMINE QAT

Protractor : Pr. ABDELKADER BELMEKKI

Keywords: Blood transfusion; Labile blood products; Combat Support Hospital; military operations; Hospital Blood Banks; Disasters.

Blood transfusion is one of the most sensitive and delicate activities in a health system, because of the human nature of the products used. It is subject to ethical rules and techniques in order to protect and guarantee the quality and safety of the product, whether during a normal situation in hospitals or in a crisis.

Thus, the transfusion of blood products in an emergency situation is one of the major components for the medical and surgical support, whether in external military operations, or during natural disasters.

However, the transfusion system in these situations is experiencing many difficulties ranging from the infrastructure of sites, the organization and mobilization of blood banks, the availability of blood and blood donors when they are needed.

This bibliographic research aims to highlight the beneficial impact of blood transfusion in situations of war and natural disasters, and obstacles often encountered and key plans and recommendations implemented in order to overcome these difficulties.

ملخص

العنوان : نقل مكونات الدم في وقت الحروب والكوارث

من طرف : أمين قط

المقرر: الأستاذ عبد القادر بلمكي

الكلمات الأساسية : نقل الدم ؛ المواد المشتقة من الدم ؛ مستشفى الدعم الحربي ؛ العمليات الخارجية ؛ بنوك الدم للمستشفيات ؛ الكوارث.

يعتبر نقل الدم من أكثر الأعمال الحساسة في النظام الصحي، نظرا لطبيعة المنتجات المستخدمة. يخضع لقواعد وأساليب أخلاقية لحماية وضمان جودة وسلامة المنتج، سواء في المستشفيات في الوضع الطبيعي أو خلال أزمة.

وبالتالي، فإن نقل مكونات الدم في حالات الطوارئ من أهم المكونات الرئيسية للدعم الطبي والجراحي، سواء في العمليات العسكرية الخارجية، أو أثناء الكوارث الطبيعية.

ومع ذلك، فإن نظام نقل الدم في هذه الحالات يشهد العديد من الصعوبات سواء على مستوى البنية التحتية، أو تنظيم وتحريك بنوك الدم، أو على مستوى توفر المتبرعين بالدم والدم في وقت الحاجة. يهدف هذا البحث الببليوغرافي إلى تسليط الضوء على الأثر الإيجابي لنقل الدم في حالات الحرب والكوارث الطبيعية، والصعوبات التي تواجهها في كثير من الأحيان، والمخططات الرئيسية المنفذة من أجل التغلب عليها.



BIBLIOGRAPHIE



- [1]- P. Jaulin ; J-J. Lefrère. Histoire de la transfusion sanguine : Les premières transfusions sanguines en France (1667–1668). Transfusion Clinique et Biologique 2010 ; 17:205–217.
- [2]- Gourevitch D. Le Sang dans la médecine antique. La Recherche 1993 ; 24:510–4.
- [3]- Casassus P. Une histoire de la transfusion. Médecine 2009 ; 2:90–3.
- [4]- Peumery JJ, Denis JB. La Recherche scientifique au XVII^e siècle. L'Expansion scientifique française 1970 ; 121–3.
- [5]- Lefrère JJ, Danic BP. Pictorial representation of transfusion over the years. Transfusion 2009 ; 49:1007–17.
- [6]- Chidiac A. Condamnation des premières transfusions en France. Médecine et Droit 2004 ; 66 : 89–90.
- [7]- Jacques-Louis Binet. La transfusion dans l'histoire, la littérature et les arts. Transfusion Clinique et Biologique 2007 ; 14:1–2.
- [8]- J.-J Lefrère, P. Rouger. ABREGES : Pratiques nouvelles de la transfusion sanguine. Elsevier Masson 3^e édition 2009, p : 9-12
- [9]- Bernard Genetet. Transfusion sanguine. EMC, Hématologie, 1992 ; 13 : 69
- [10]- JY Muller. Transfusion sanguine : Produits sanguins labiles. Elsevier Masson SAS, EMC 2011 ; 13 : 10

[11]- Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé. Transfusion de plasma frais congelé : produits, indications. Transfus Clin Biol 2002 ; 9 : 322-332.

[12]- G.Andreu, JM Boiron, O Garraud, JJ Lefrère. Transfusion sanguine : débats d'actualité Hématologie 2008 ; 14 : 65-89

[13]- Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé. Transfusion de globules rouges : produits, indications, alternatives. Transfus Clin Biol 2002 ; 9 : 333-356.

[14]- Couroucé AM, Pillonel J, Saura C. Dépistage des marqueurs des infections transmissibles par transfusion sur les dons collectés en France de 1996 à 1998. Transfus Clin Biol 2000 ; 7 : 153-170.

[15]- Pillonel J, Laperche S, Saura C, Desendos JC, Couroussé AM. The transfusion transmitted agents group of the French society of blood transfusion, trends in residual risk of transfusion-transmitted viral infections in France between 1992 and 2000. Transfusion 2002; 42: 980-988.

[16]- Assal Coste J, Barlet V, Laperche S, Cornillot C, Smilovici W, Pillonel J et al. Application de la biologie moléculaire à la sécurité transfusionnelle ; le dépistage du génome viral. Transfus Clin Biol 2003 ; 10 : 217-226.

[17]- Lefrère JJ. Biologie moléculaire et sécurité transfusionnelle. Transfus Clin Biol 1998 ; 5 : 22-38.

[18] - Laperche S, et al. Transfusion sanguine : en toute sécurité infectieuse. La Presse Médicale 2014.

[19]- Muller J-Y, et al. Sécurité immunologique des transfusions. La Presse Médicale 2014.

- [20]- Mifdal H, El Maliki B, Benchenni N. Dépistage et risque résiduel en transfusion sanguine au Centre national de transfusion sanguine de Casablanca. 1er symposium international de virologique. Marrakech 2003 ; 2 : 5–10.
- [21]- P. Gallian, X. De Lamballerie, P. De Micco, G. Andreu. Le virus West Nile : généralités et implications en transfusion sanguin.
- [22] - J.R. Hess and M.J.G. Thomas. Blood use in war and disaster: lessons from the past century. TRANSFUSION 2003; 43 : 1622-1633
- [23]- Thomas B. Repine, Jeremy G. Perkins, David S. Kauvar, L. Blackborne. The Use of Fresh Whole Blood in Massive Transfusion. J Trauma.2006 ; 60:S59–S69.
- [24]- A. Sailliol et al. La transfusion en situation d'exception, expérience du service de santé des armées. Transfusion Clinique et Biologique 2010 ; 13 : 279
- [25]- P. Esnault et al. Transfusion sanguine en opération extérieure. Expérience à l'hôpital médico chirurgical de Kaboul. Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation 2013 ; 32 : 670–675
- [26]- New England Journal of Medicine 2002 ; 8 : 346.
- [27]- Abolghasemi H., Radfar MH, Tabatabaee M, Hosseini-Divkolayee NS, Burkle FM Jr. Revisiting blood transfusion preparedness: experience from the Bam earthquake response. Prehosp Disaster Med. 2008 ; 23:391.
- [28]- Kumudu K.S. Kuruppu. Management of blood system in disasters. Biologicals 2010 ; 87: 90
- [29]- S A Mujeeb, S H Jaffery. Emergency blood transfusion services after the 2005 earthquake in Pakistan. Emerg Med J 2007; 24 : 22–24.

[30]- World Health Organization. Earthquake technical hazard sheets—natural disaster profile. Geneva: WHO, 17 November 2006.

[31]- Jed B. Gorlin, John L. Hick. Minneapolis bridges falling down: Emergency transfusion preparedness. *Transfusion and Apheresis Science* 2013; 19:403–407

[32]- Zhongjun Li, Weidong Wang, Te Chen. Blood transfusion therapy for 41 earthquake casualties. *Transfusion and Apheresis Science* 2009; 41:179–181

Serment d'Hippocrate

Au moment d'être admis à devenir membre de la profession médicale, je m'engage solennellement à consacrer ma vie au service de l'humanité.

** Je traiterai mes maîtres avec le respect et la reconnaissance qui leur sont dus.*

** Je pratiquerai ma profession avec conscience et dignité, la santé de mes malades sera mon premier but.*

** Je ne trahirai pas les secrets qui me seront confiés.*

** Je maintiendrai, par tous les moyens en mon pouvoir, honneur et les nobles traditions de la profession médicale.*

** Les médecins seront mes frères.*

** Aucune considération de religion, de nationalité, de race, aucune considération politique et sociale ne s'imposera entre mon devoir et mon patient.*

** Je maintiendrai le respect de la vie humaine dès la conception.*

** Même sous la menace, je n'userai pas de mes connaissances, médicales d'une façon contraire aux lois de l'humanité.*

** Je m'y engage librement et sur mon honneur.*

Déclaration de Genève,

1948

قسم أبقراط

بسم الله الرحمن الرحيم

أقسم بالله العظيم

في هذه اللحظة التي يتم فيها قبولي عضوا في المهنة الصحية أتعهد علانية:

- بأن أكرس حياتي لخدمة الإنسانية؛
- وأن أحترم أساتذتي وأعترف لهم بالجميل الذي يستحقونه؛
- وأن أمارس مهنتي بوازع من ضميري وشرفي جاعلا صحة مريض هدي في الأول؛
- وأن لا أفشي الأسرار المعمودة إلي؛
- وأن أحافظ بكل ما لدي من وسائل على الشرف والتقاليد النبيلة لمهنة الطب؛
- وأن أعتبر سائر الأطباء إخوة لي؛
- وأن أقوم بواجبي نحو مرضاي بدون أي اعتبار ديني أو وطني أو عرقي أو سياسي أو اجتماعي؛
- وأن أحافظ بكل حزم على احترام الحياة الإنسانية منذ نشأتها؛
- وأن لا أستعمل معلوماتي الصحية بصريق يضر بحقوق الإنسان مهما لاقيت من تهديد؛
- بكل هذا أتعهد عن كامل اختيار ومقسم بشرفي.

• والله على ما أقول شهيد.

نقل مكونات الدم في وقت الحروب والكوارث أطروحة :

قدمت ونوقشت علانية يوم :
من طرفه

السيد : أمين قح

المزداد في 21 يناير 1990 بواومانة خنيفرة

لنيل شهادة الدكتوراه في الطب

الكلمات الأساسية : نقل الدم ؛ المواد المشتقة من الدم ؛ مستشفى الدعم الحربي ؛ العمليات الخارجية ؛
بنوك الدم للمستشفيات ؛ الكوارث

تحت إشراف اللجنة المكونة من الأساتذة :

رئيس

السيد : عبد اللطيف بولحية

أستاذ في جراحة القلب والشرابين

مشرف

السيد : عبد القادر بلمكي

أستاذ في علم الدم

السيد : سمير السباح

أستاذ في الإنعاش والتخدير

السيد : حميد منصوري

أستاذ في الطب الإشعاعي

أعضاء

السيد : سعد مراني

أستاذ في علم الفيروسات

السيد : طارق دندان

أستاذ في الإنعاش الطبي