



# Les étoiles: clefs de la formation et de l'évolution de la Galaxie

## de l'évolution de la Galaxie



V. Hill, GEPI, Observatoire de Paris



⋮

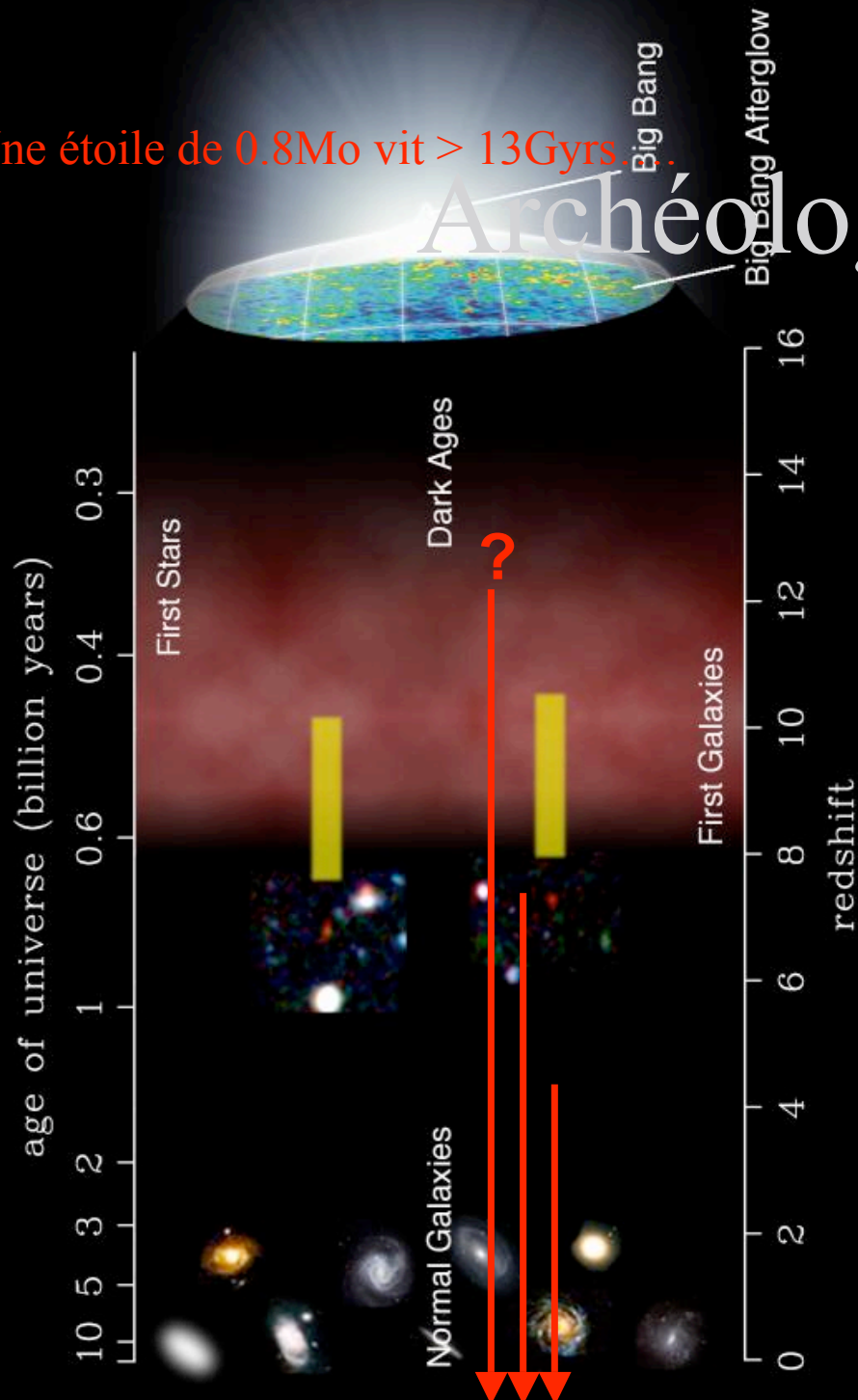
# Quelques applications de GAIA (chères à mon cœur...)

## Archéologie stellaire

1. Chemo-dynamique
2. Echantillons in situ: sortir du voisinage solaire, maîtriser les biais
3. Galaxies du groupe local

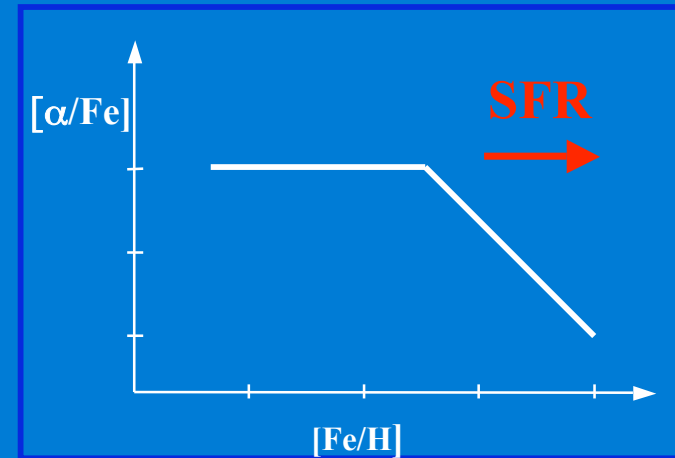
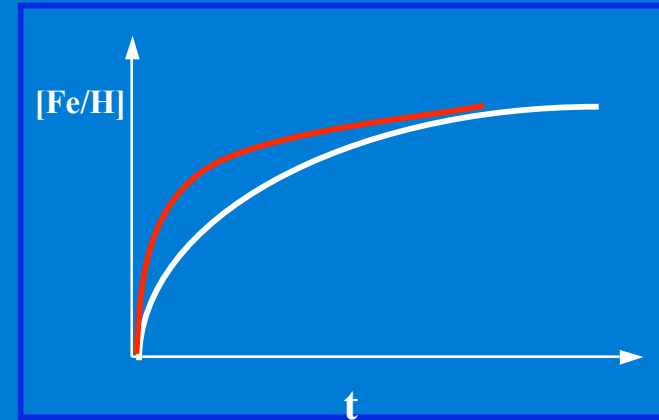
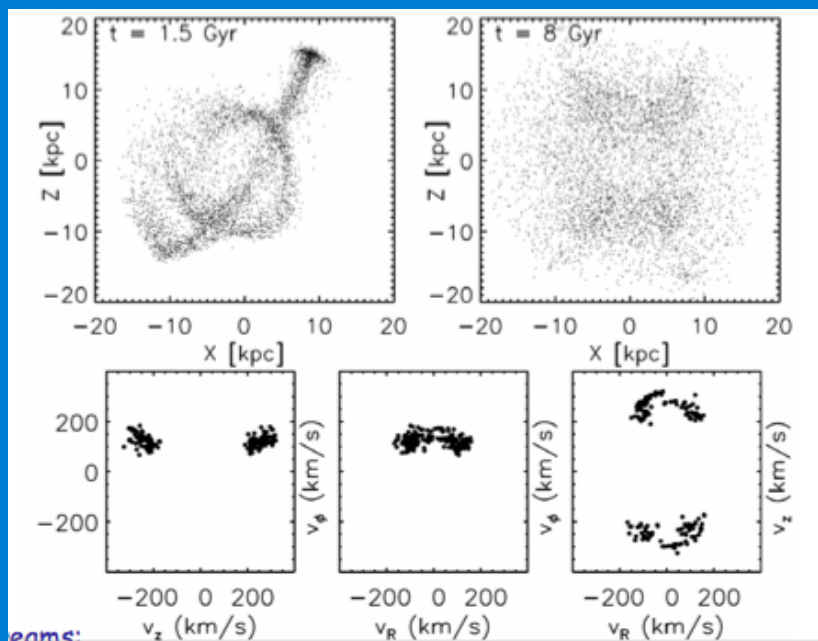
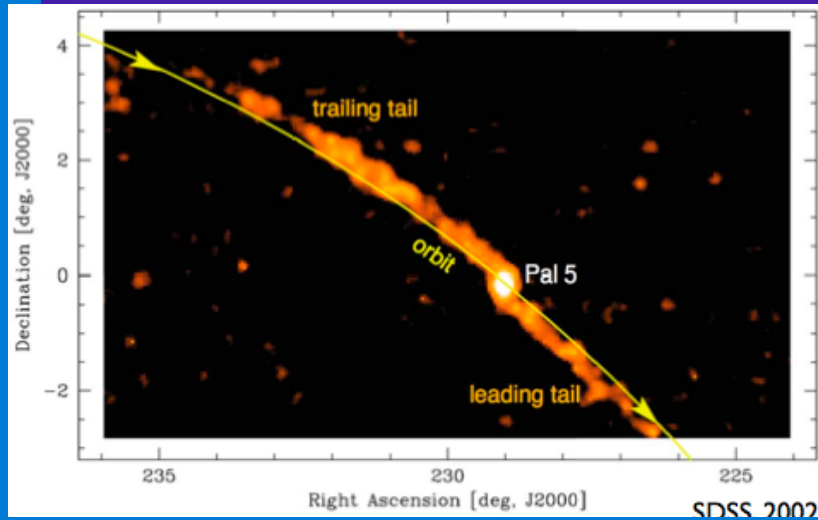
Une étoile de 0.8Mo vit > 13Gyrs.

# Archéologie stellaire



- Les étoiles gardent mémoire des conditions dans lesquelles elles sont nées....
  - Composition chimique de surface = composition du gaz interstellaire au moment de la formation (hum: CNO dans étoiles évoluées)
  - Cinématique
  - Fossiles à notre porte .... Certaines datent probablement de  $z=6$  (ou plus = First Stars)

# Encodage cinématique et chimique

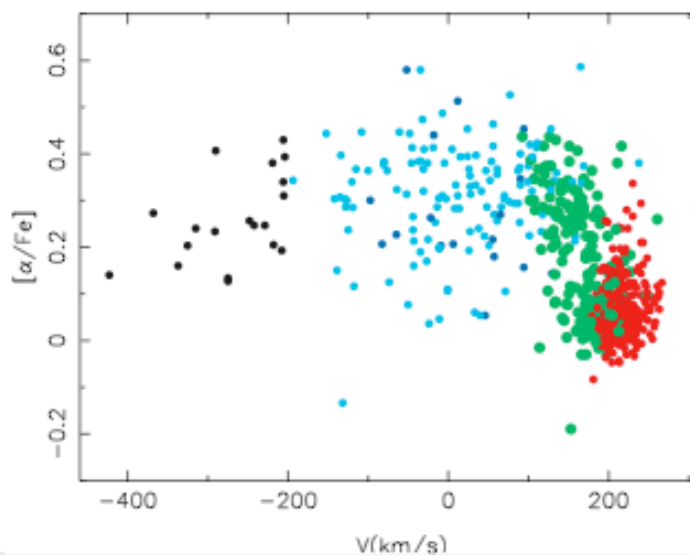
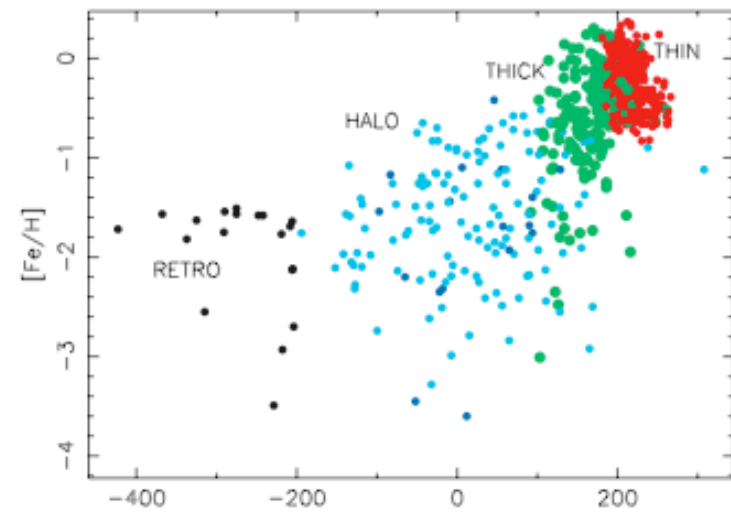
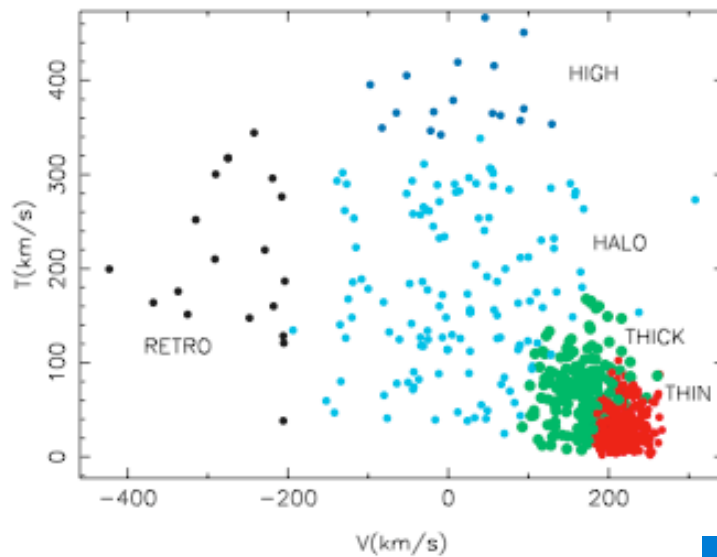


•  
•  
•

# 1. Chémo-dynamique

- Approche combinée chimie et cinématique (+ idéalement les âges) est la plus à même de discriminer les scénarios de formation/évolution:
  - séparation des populations
  - Disque épais
  - Origine de structures cinématiques: courant d'Hercule

# 1. Chémo-dynamique: Stell pop

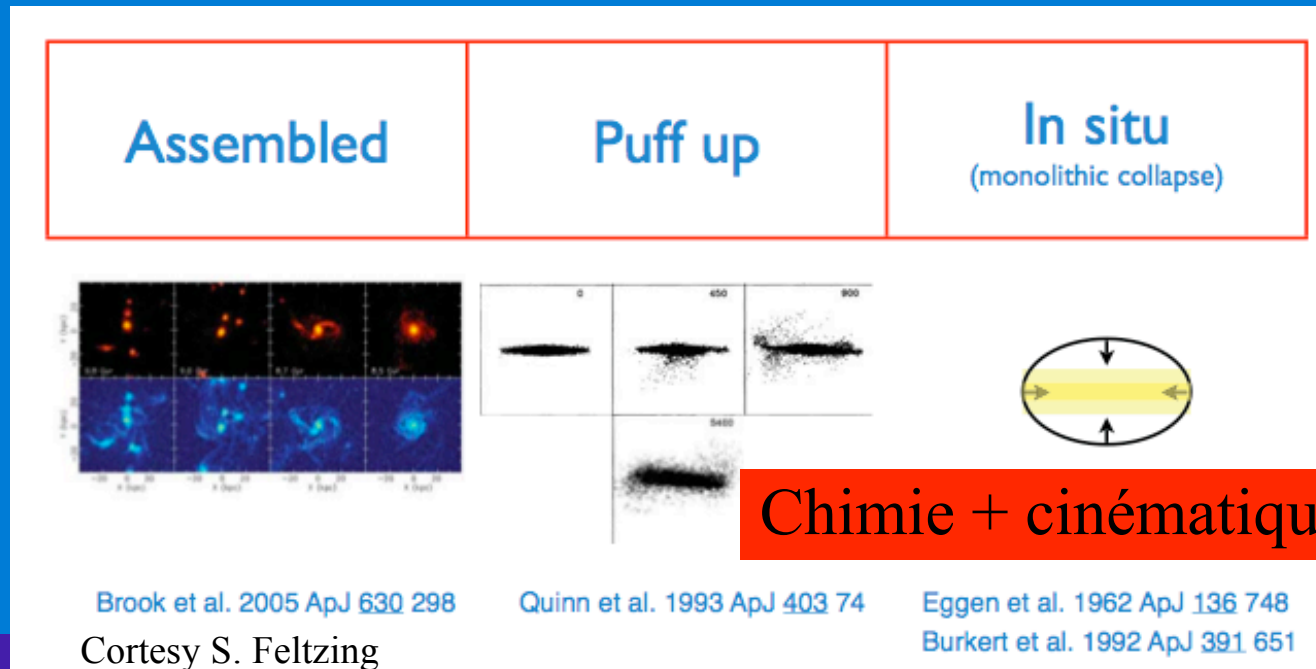


Venn et al. 2004

Séparation des populations:  
Halo/Disque épais/disque  
mince (cinématique sépare  
des populations qui se  
recouvrent en Fe/H)

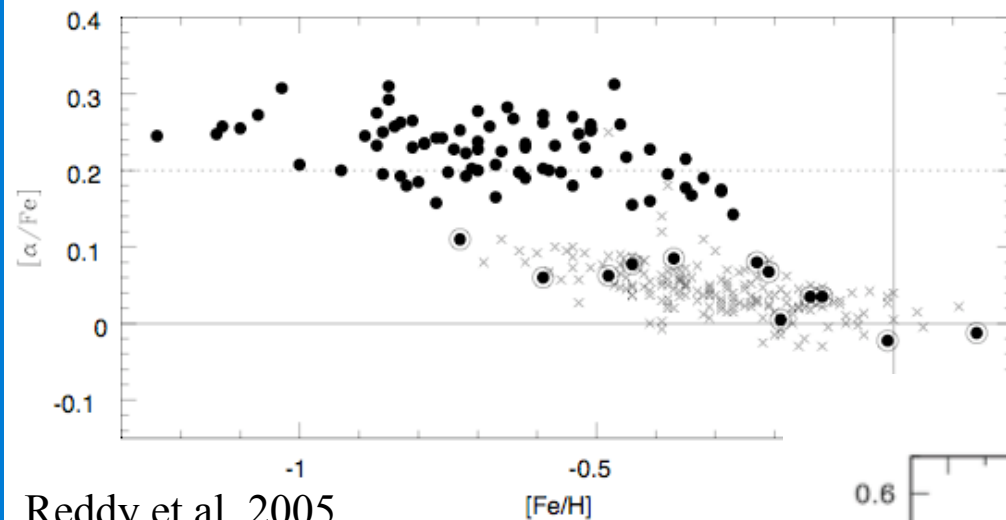
# 1. Chémo-dynamique: Disque épais

- Formation du disque épais:
  - accrétion de satellites (étoiles ou gaz+formation stellaire).
  - chauffage d'un disque mince préexistant (merger / relaxation violente du potentiel Galactique / diffusion des orbites du disque mince, ...)
  - Effondrement: slow pressure-supported (Larson 1976) or highly dissipative caused by high metallicity (Wyse & Gilmore 1988), après la formation du halo.

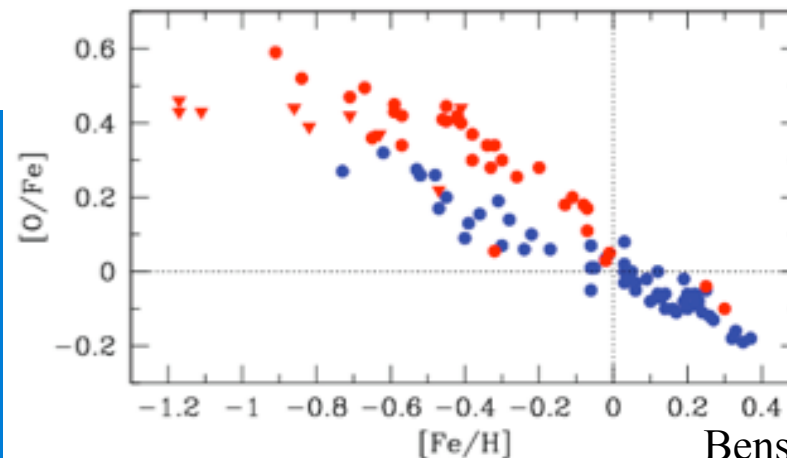


Chimie + cinématique nécessaires

# 1. Chémo-dynamique: Disque épais



Reddy et al. 2005



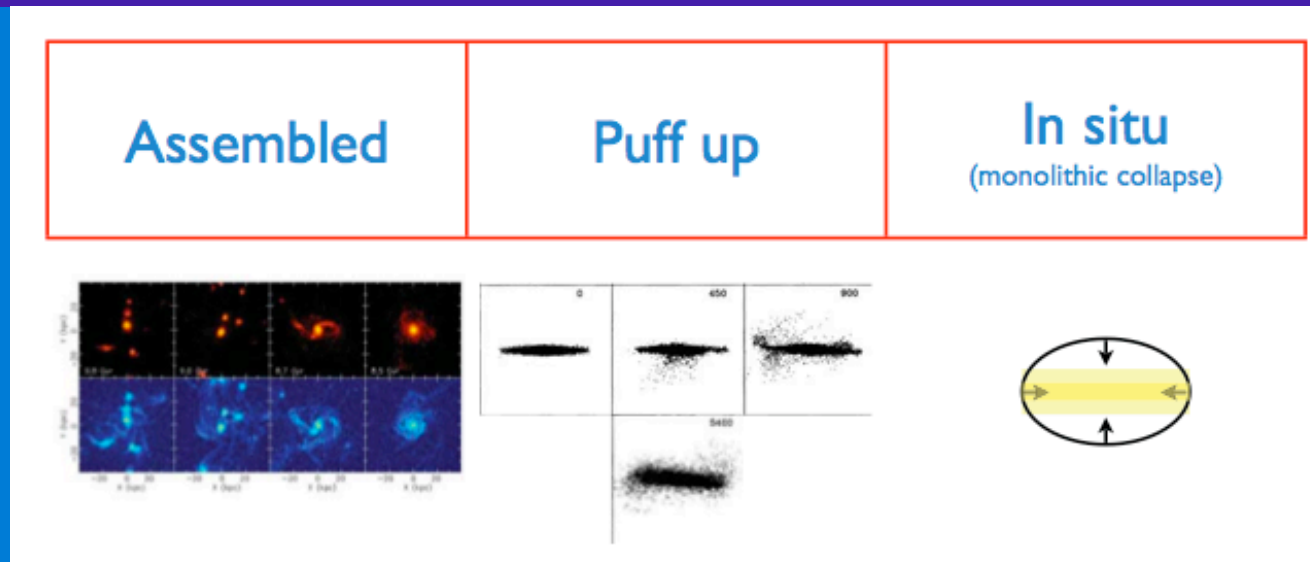
Thin disk  
Thick disk

Bensby et al. 2004, 2005

Séparation disques mince/épais cinématique + abondances chimiques détaillées = contrainte sur les temps de formation

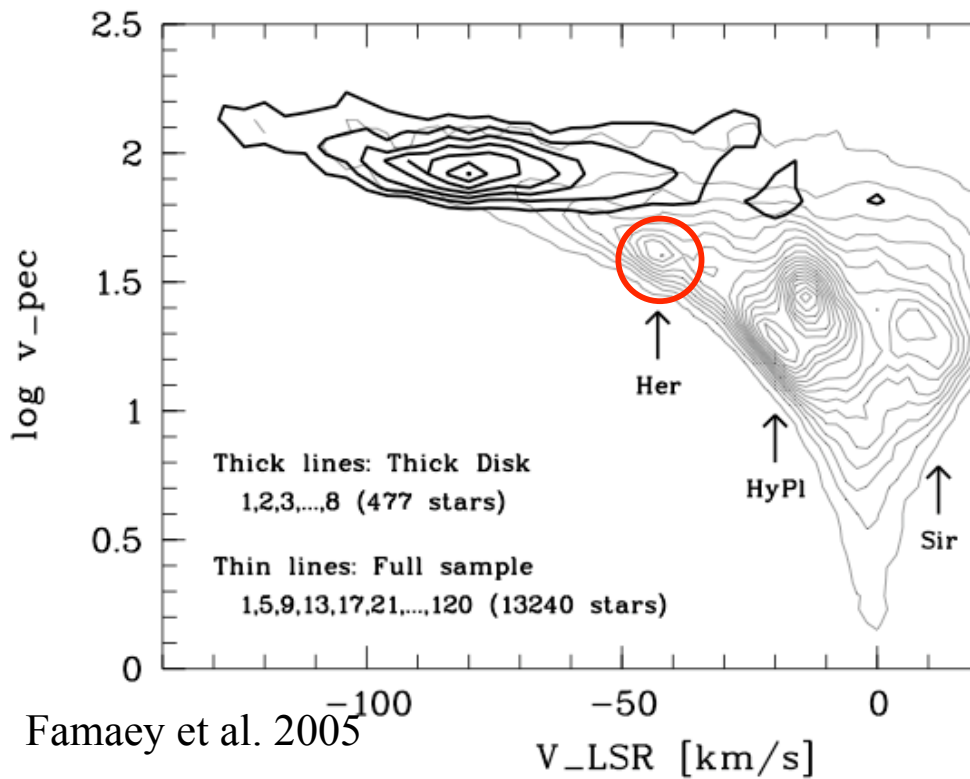


# 1. Chémo-dynamique: Disque épais

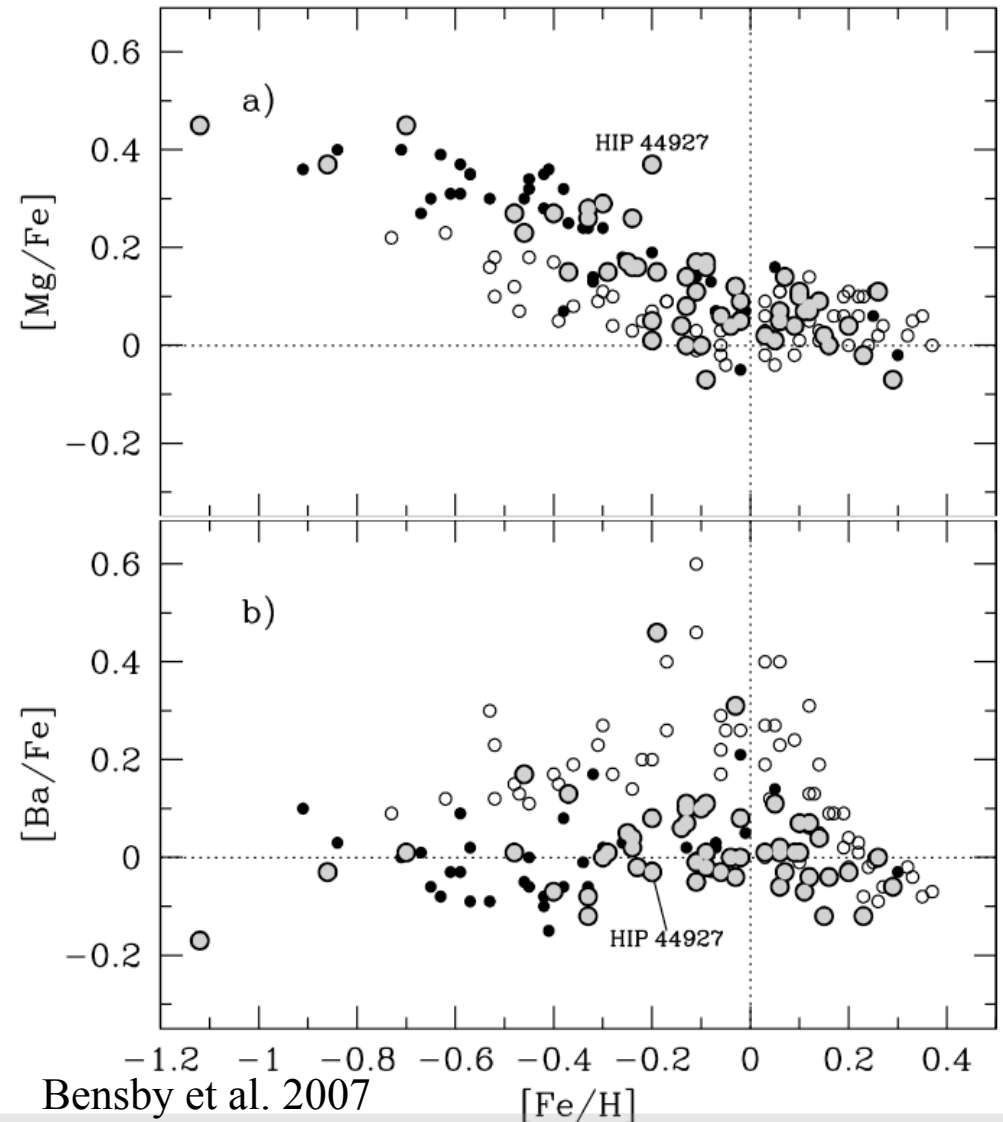


- Chimie + cinématique nécessaires :
  - Abondances disque épais  $\neq$  dSph, Sgr, LMC ( $\alpha$ , Y/Ba...)
  - Homogénéité abondances du disque épais, 2 séquences déconnectées ?
  - Absence de gradient vertical, age disque épais  $>$  disque mince
- Problème pas encore résolu...
- Grand absent: études IN SITU  $\rightarrow$  caractéristiques radiales (et en Z) du disque épais

# 1. Chémo-dynamique: Courant d'Hercule



Courant identifié cinématique  
origine ? Accretion ? Perturbation  
dynamique du disque (barre) ?





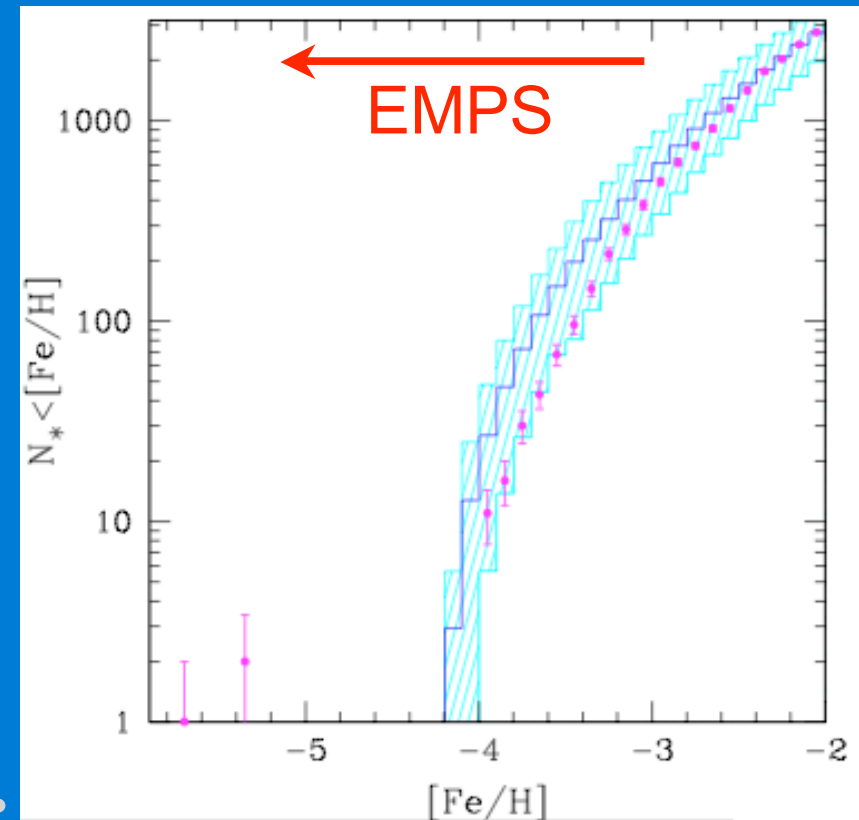
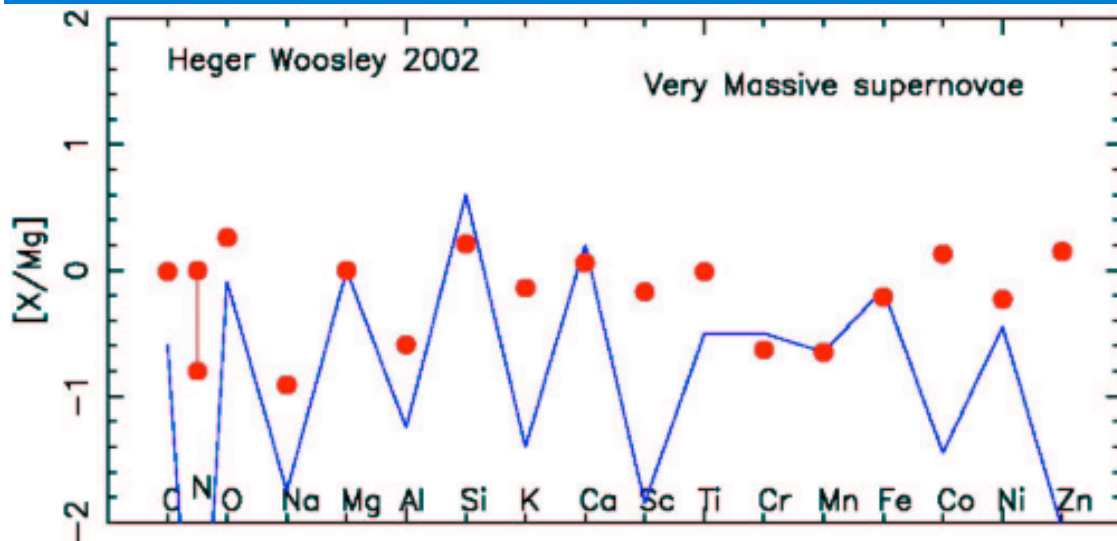
## 2. Sondages « in situ »

- Importance de la construction d'échantillons complets (ou avec biais contrôlés). En particulier, sélectionnés en distance (ou limités en volume)
- Sortir du voisinage solaire: la plupart de ce que nous savons sur la chimie des disques et du halo vient d'une bulle très locale autour du voisinage solaire (naines). Dépendances en  $R_g$ ,  $Z$ ,  $l$ ,  $b$  nécessaire pour quasiment toutes les populations.



## 2. Sondages « in situ »: Halo aux métallicités extrêmes

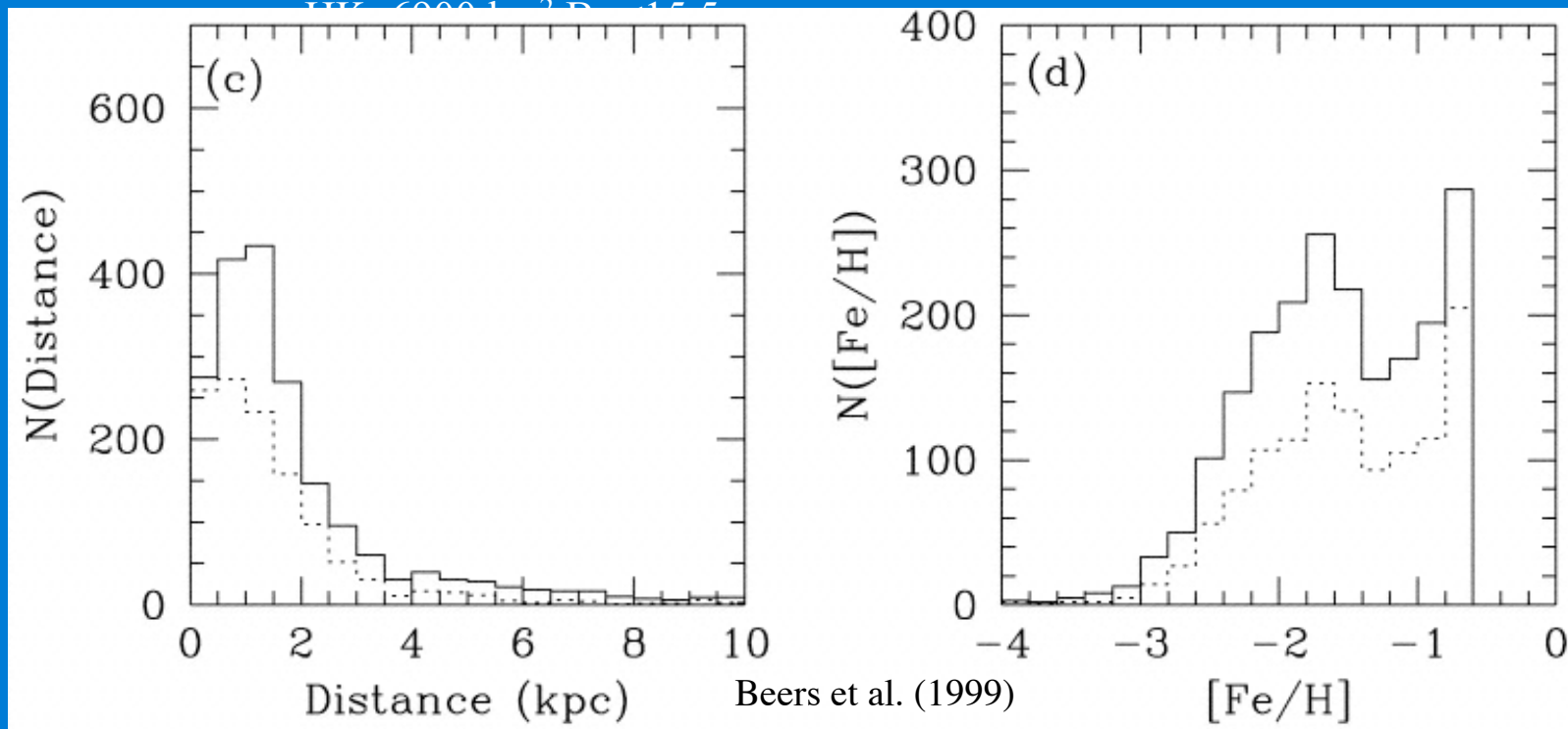
- Pop III dans le halo ? (Extremely Metal Poor Stars = EMPS)
- Forme de la queue de distribution à faible métallicité + abondances détaillées :  
→ contraintes sur les modèles de formation des premières étoiles.



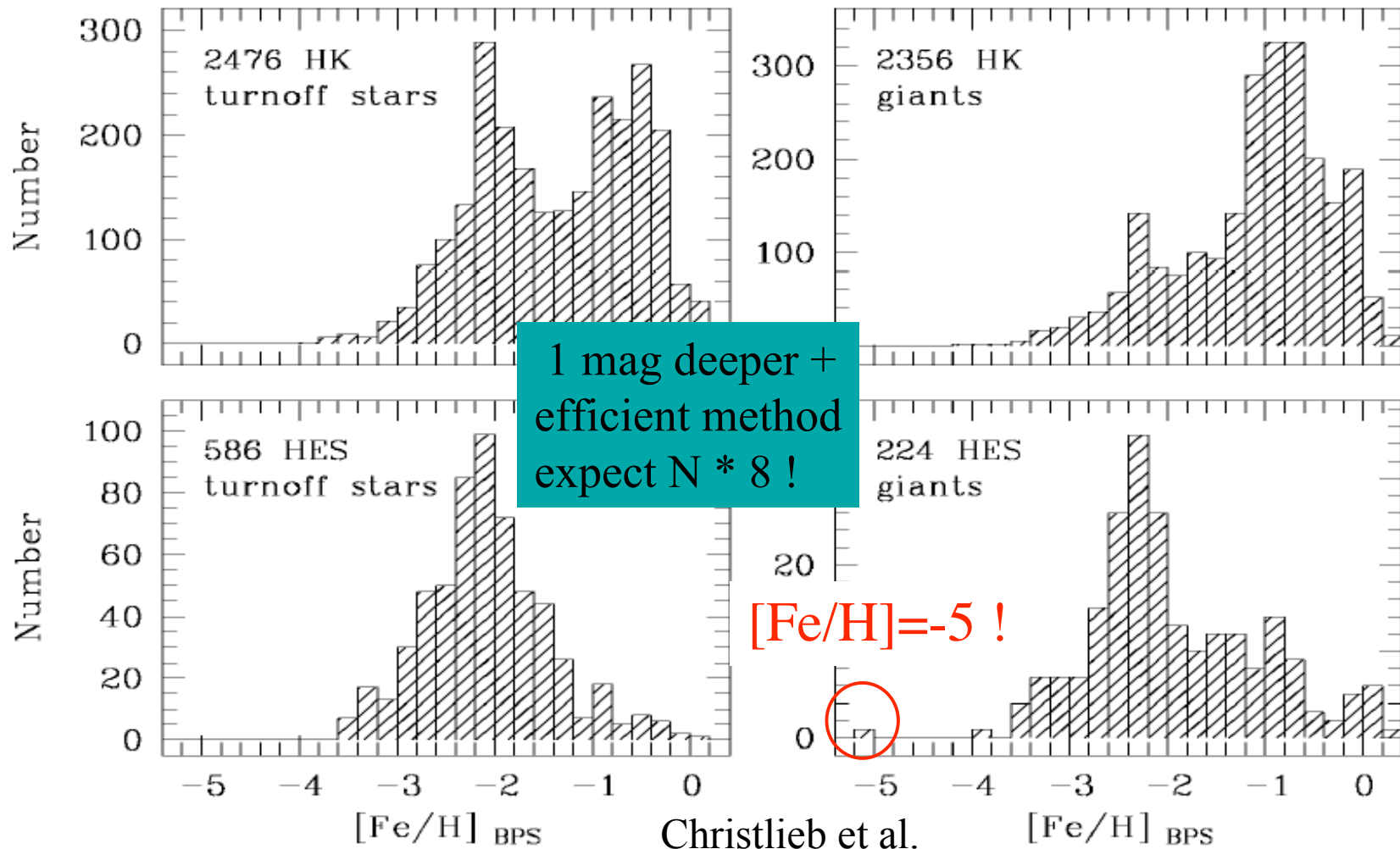
## 2. Sondages « in situ »:

### Halo aux métallicités extrêmes

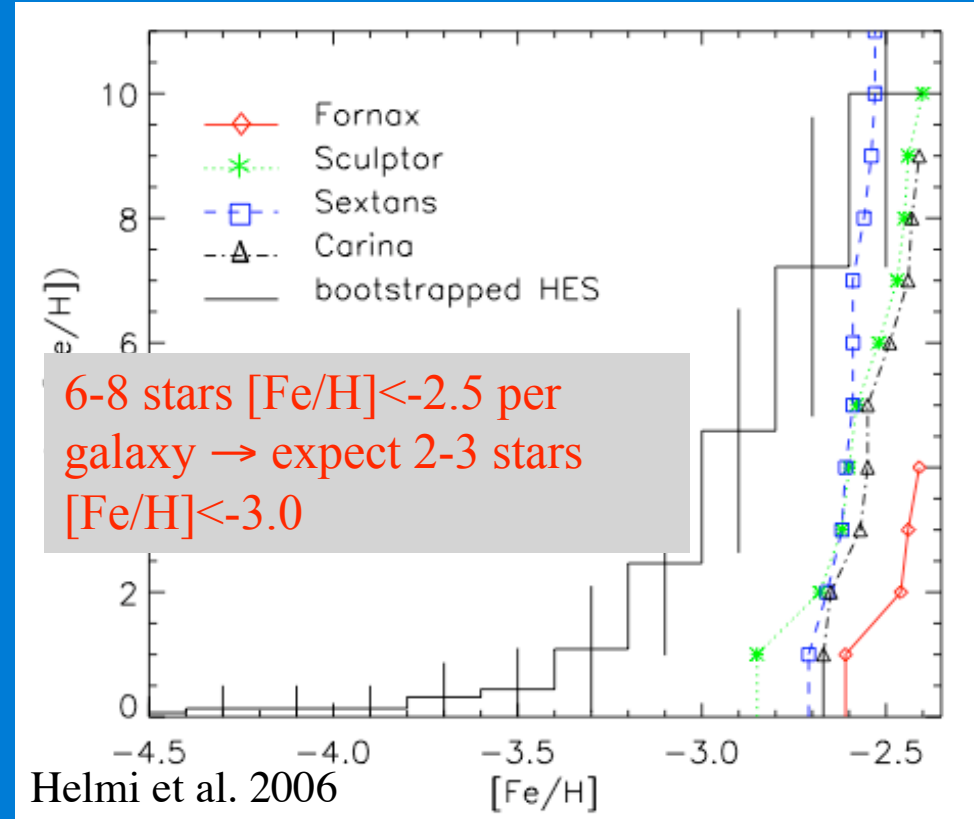
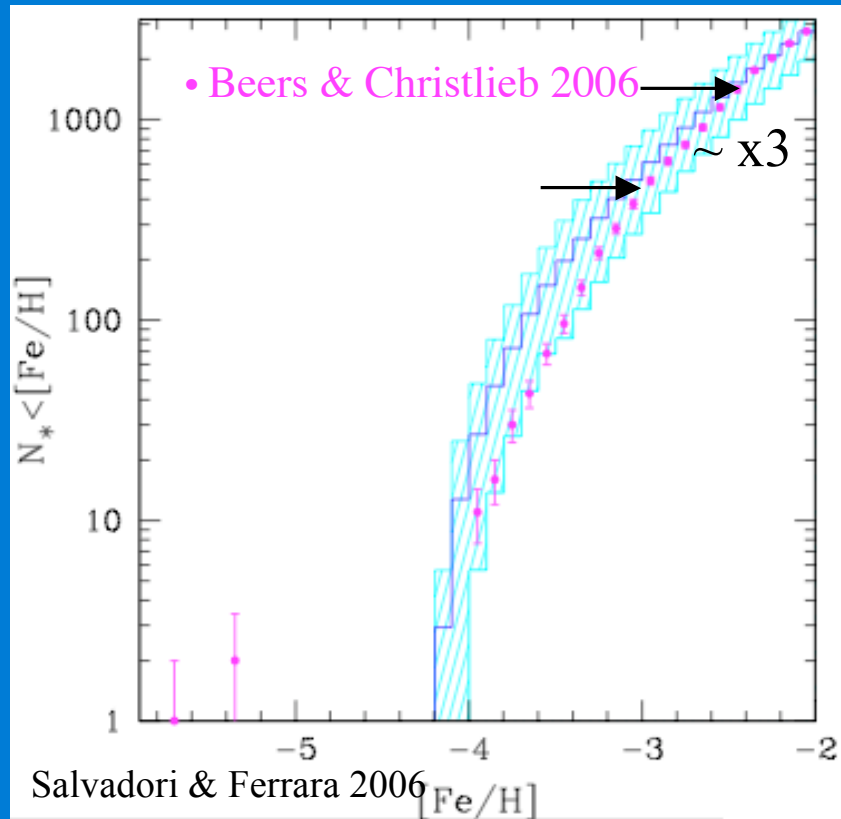
- Mais....
- EMPS: échantillons confinés dans un petit volume (<20kpc pour les géantes les plus lointaines)



## 2. Sondages « in situ »: Halo aux métallicités extrêmes



# 3: dSph lack the lowest-Z tail ?



Milky-Way: “-4 desert”  
+ 2  $[\text{Fe}/\text{H}] < -5$  stars with very high CNO

Dwarf spheroidals: “-3 desert”



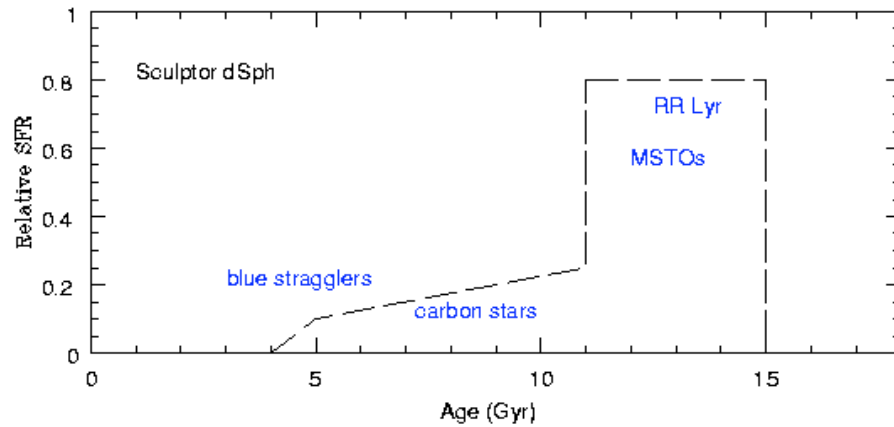
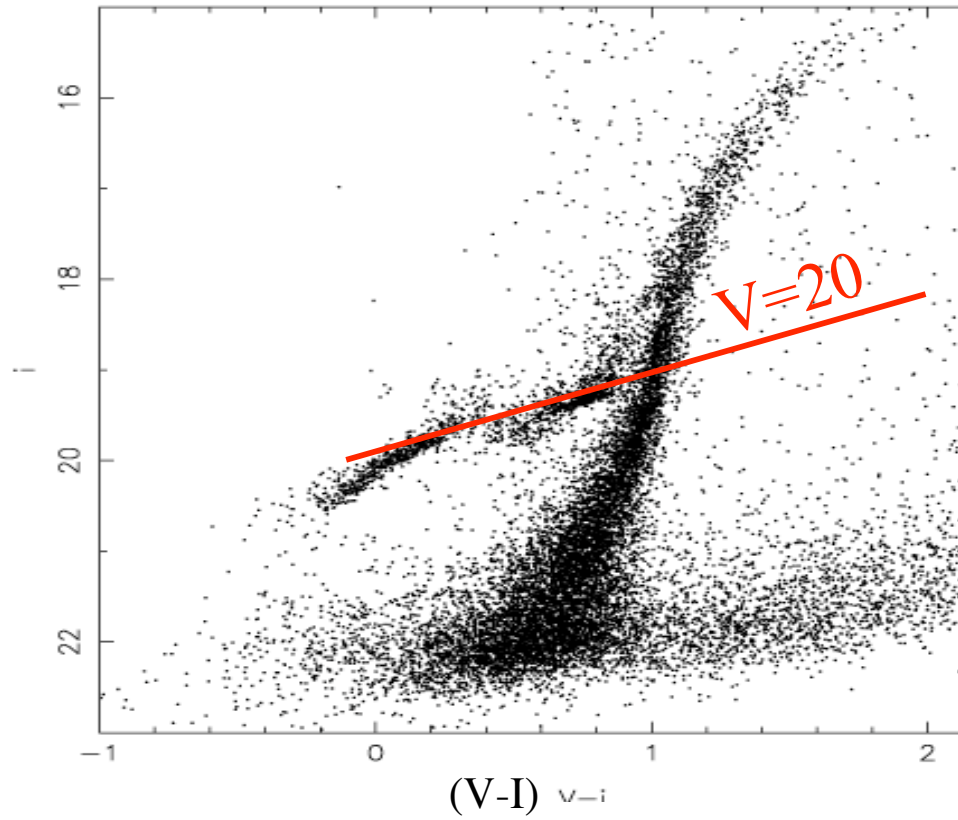
## 3. Groupe Local

- Vitesses systémiques des galaxies satellites: orbites autour de la Voie Lactée
  - meilleures contraintes sur la masse totale du halo galactique
  - Structure des satellites: identification des effets des forces de marées (déformation, effet sur les vitesses). Exemple: rotation de Scl (G. Battaglia) ?
- Cinématique interne des galaxies satellites (pas  $V_r$ , mvts propres  $>5-15\text{km/s}$ )
- GAIA, un imageur très grand champ.....
  - detection de tres faible luminosité de surface
  - queues de marées...

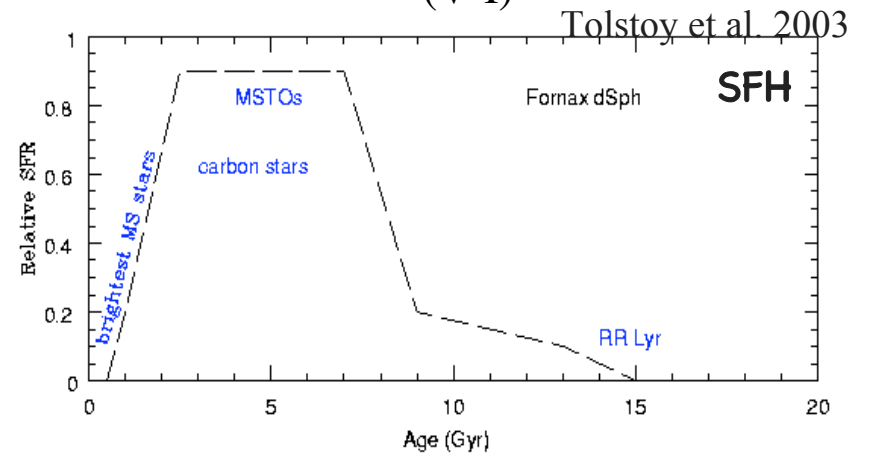
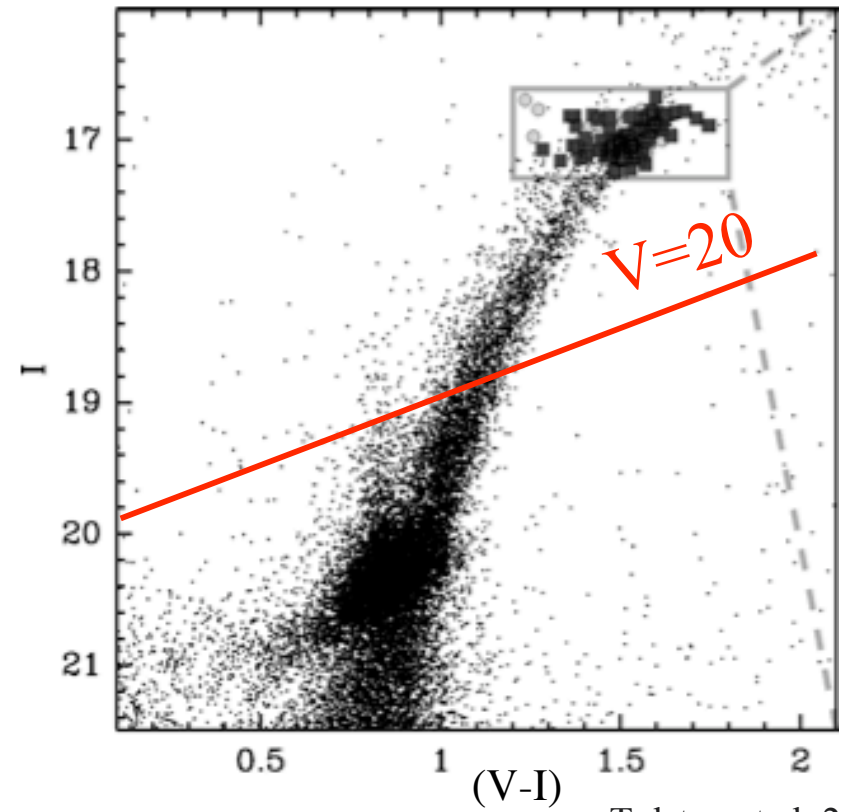




## Sculpteur (79kpc)

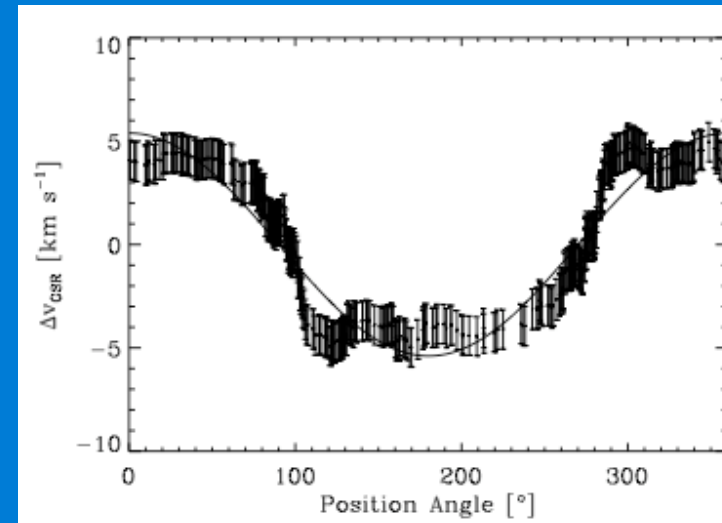
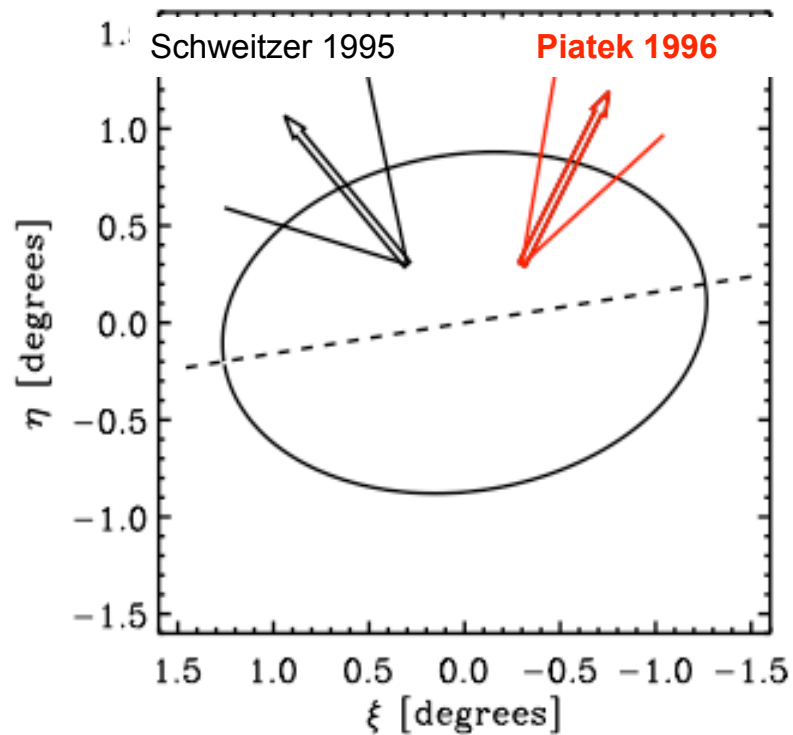


## Fornax (138kpc)



Tolstoy et al. 2003

# Galaxie naine du Sculpteur: rotation ?



- Rotation ? (premiere detection dans une dSph)
- Ou distortion due aux effets de marée ?

G. Battaglia (thèse)  
 $\delta V_r \sim 2 \text{ km/s} \sim 500^*$

# Observations complémentaires...

En plus de toutes les applications “standalone” de GAIA, le catalogue servira d’outil de selection d’échantillons complets dans des populations stellaires ciblées (ex Halo volume-limited, disque épais/mince à différents ( $R_g$ ,  $Z$ ), Bulbe, nouvelles dSph, courants stellaires, ...).

En particulier, pour des études chimiques: préparons nous à disposer de spectro HR performants à l’horizon 2017 (compatibles avec  $V < 20$ ): VLT 3ieme generation (WFMOS, super-GIRAFFE, EXPRESSO ?) ELTs ?

Vr pour  $V > 16.5-17$  ???